



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON COAGULANTES
NATURALES Y FLOCULACIÓN.

JUAN JOSÉ TORRES CASADIEGOS 1091679211: INGENIERÍA CIVIL

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
INGENIERIA CIVIL
DICIEMBRE DE 2021

Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels.: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON COAGULANTES
NATURALES Y FLOCULACIÓN.

AUTOR:

JUAN JOSÉ TORRES CASADIEGOS 1091679211: INGENIERÍA CIVIL

PRESENTADO PARA OBTENER EL TÍTULO: INGENIERIA CIVIL

DIRECTOR

ING. JULIO ISAAC MALDONADO MALDONADO

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA

INGENIERIA CIVIL

DICIEMBRE DE 2021

Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels.: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Dedicación

El proyecto se da gracias a mis padres, hermana, familiares y Dios, que se convirtieron en mi pilar incondicional durante todo el proceso, a mi familia que me apoya cada día a ser mejor y que sin ellos esto no sería posible, pues me dieron fuerza en todo momento para seguir adelante en esta etapa de mi vida.

JUAN JOSE TORRES CASADIEGOS



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Agradecimientos

Primero que todo quiero agradecer a todas las personas que me apoyaron por permitir dar este maravilloso cambio en mi vida, por concederme la inteligencia y sabiduría, para dar buenos pasos y culminar este gran proyecto de mi vida. A mis padres, hermana, tías, tío y familiares que tuvieron la confianza en mí, me brindaron su apoyo y contribuyeron en este proceso. A mis amigos que me brindaron alegría y fuerzas para sacar adelante esta carrera. A mis profesores por ofrecerme excelentes conocimientos con toda su voluntad, y por formarme como una buena persona tanto para la vida diaria, como para ejercer como ingeniero, brindado su apoyo. Y por último a mis amigos de universidad, que me dejan muchas enseñanzas y experiencias inolvidables a lo largo de la carrera, me llevo lo mejor de cada una de las personas que conocí en este proceso.

JUAN JOSE TORRES CASADIEGOS



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Tabla de contenido

	Pág.
Introducción	9
1. Planteamiento del problema de investigación	12
2. Justificación	14
3. Objetivos	16
3.1 Objetivo general	16
3.2 Objetivos específicos	16
4. Marco de referencia	17
4.1 Marco Conceptual	17
4.1.1 pH.....	17
4.1.2 Coagulación	18
4.1.3 Floculación.....	19
4.1.4 Vertedero de residuos sólidos	19
4.1.5 Lixiviados	21
4.1.6 DBO ₅	22
4.1.7 DQO	22
4.1.8 Coloides	23

"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



4.2. Marco teórico.....	25
4.2.1 Composición de un lixiviado.....	25
4.2.2 Tratamiento de lixiviados	27
4.2.3 Etapas del tratamiento físico-químico.....	29
4.2.4 Deficiencias en los tratamientos	29
4.2.5 Tratamiento físico-químico de lixiviados	30
4.2.6 Coagulación – Floculación.....	33
4.2.7 Usos y pasos del proceso de coagulación– floculación.....	33
4.2.8 Condiciones que afectan el proceso de coagulación.	34
4.2.9 Dosis de coagulante	35
4.3. Marco legal.....	36
5. Resultados de la investigación.....	41
5.1. Moringa Oleífera	42
5.2. Quitosano.....	49
5.3. Biocoagulante de hongos del quitosano.....	56
5.4. Cactus	60
5.4.1. Métodos analíticos	64
5.4.2 Optimización de la dosis	65
5.5 Eficiencia de floculación en la mezcla de (aloe vera y citrus reticulata).....	65
5.6 Valoración de la dosis de maíz en el proceso de floculación.....	67
5.7 Cassia obtusifolia.....	69

“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



5.8 Plantago mayor Lemple.....	73
5.9 Escamas de pescado.....	77
5.10 Tratamientos combinados.....	83
5.11 Semilla de Nirmali.....	86
5.12 Cicer arietinum.....	88
5.13 Semillas de tamarindo.....	90
5.14 Vitis vinifera.....	93
6. Discusión de resultados.....	97
7. Conclusiones.....	107
Referencias.....	114

"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Lista de ilustraciones

Ilustración 1	25
Ilustración 2	28
Ilustración 3	36
Ilustración 4	46
Ilustración 5	50
Ilustración 6	52
Ilustración 7	55
Ilustración 8	61
Ilustración 9	65
Ilustración 10	72
Ilustración 11	73
Ilustración 12	77
Ilustración 13	78
Ilustración 14	90
Ilustración 15	91
Ilustración 16	92



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Ilustración 17.....	94
Ilustración 18.....	95
Ilustración 19.....	97



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Lista de tablas

Tabla 1 Composición de lixiviados percolados de un relleno sanitario	31
Tabla 2 Tratamientos disponibles para los lixiviados	36
Tabla 3. Control y monitoreo de calidad delrecurso agua	44
Tabla 4. Cantidad de bacterias según la concentración de MO	48
Tabla 5. Factor evaluado para el tratamiento de la muestra en aguas residuales	55
Tabla 6. Actividad coagulante y floculante en distintas especies vegetales para el tratamiento de aguas residuales	101



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Introducción

El agua es una sustancia clave para todas las actividades naturales y humanas, regenera los mares, océanos, lagos y bosques, pasando a formar parte del ciclo hidrológico que es importante para el ecosistema y la vida humana, sin embargo, es necesario la utilización básica de esta a medida que aumenta la población, con industrialización y urbanizaciones produciendo contaminantes residuales en el agua. (JD, Teodoro, 2013).

Las aguas residuales pueden ser tratadas por medio de los procesos de floculación y coagulación que es el procedimiento fisicoquímico más valioso para realizar la limpieza de aguas residuales para así reducir materias orgánicas y contaminantes en el agua. (B, Sarkar, 2006).

La revolución industrial, cambió la vida humana drásticamente y ayudó al desarrollo de las grandes urbes, aumentando así de forma rápida su población; la demanda de numerosos empleos mejoró la economía de familias que en su mayoría migraron de sus parcelas en los inmensos campos, a las grandes ciudades con industrias potenciales para lograr mejorar su calidad de vida. Esta gran época industrializada trajo consigo una cadena de consumo de productos empacados, como alimentos y prendas de vestir que requieren grandes cantidades de material plástico para su



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



envoltura, la que es desechada por los consumidores; ahí radica el gran problema ambiental que se ha venido presentando en mayor escala con el transcurso del tiempo y el manejo inadecuado que se les ha dado a esos residuos. (Calderón, H,2021)

Con el fin de contener dichos residuos, las grandes ciudades han llegado a ingeniar un depósito que denominaron relleno sanitario, lugar de disposición final de todos los elementos que en nuestros hogares consideramos desechos. Son muy pocos los rellenos sanitarios en los que se da una disposición diferente a elementos que se pueden reciclar, en porcentajes muy pequeños. Siempre que un relleno cumple su vida útil, la única solución que se considera es abrir otro debido a la gran producción de CO₂, junto con malos olores, que producen estos focos de contaminación. (Torres.j,2021).

Al incrementarse la población a nivel mundial la cantidad de desechos aumentó, así como también la industrialización, trayendo consigo una cantidad considerable de aguas residuales que no son tratadas a tiempo produciendo una mayor contaminación, y un aumento notable del deterioro en ríos, océanos y lagos, lo que trae consecuencias devastadoras para cada animal o ser vivo que entre en contacto con las aguas residuales que vienen de grandes industrias. Los avances científicos muestran que estas aguas residuales pueden ser tratadas por medio de coagulantes o floculantes obtenidos de formas naturales y orgánicas (Torres, J.2021).



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Hoy en día tenemos los fenómenos de calentamiento global del efecto invernadero, además de contaminación en nuestras fuentes hídricas, producto de aguas residuales provenientes de los respectivos rellenos, que se crean con aguas originadas de lluvias, que al mezclarse con los desechos originan corrientes y flujos que van a depositarse en las fuentes hídricas más cercanas, por esta y muchas razones, la Ingeniería Civil, junto con la Ingeniería Ambiental y Sanitaria, se han encargado de crear sistemas de tratamientos para estas aguas residuales. (Calderón, h,2021)

Los procesos fisicoquímicos floculación y coagulación son importantes y usados para poder remover todos aquellos contaminantes, y así poder devolver un producto a una fuente hídrica natural. Para abordar estos procesos se han consultado diferentes artículos de investigación que dan a conocer todos los avances que se han desarrollado sobre el tema, junto con beneficios, desventajas y resultados obtenidos. (Calderón, H,2021)

Es muy importante entender el beneficio ambiental y sanitario que conlleva un buen manejo de los lixiviados, de ahí radica el cuidado de especies que tiene su hábitat cerca de afluentes hídricas y que podrían ser afectados drásticamente si se hace un incorrecto tratamiento y vertimiento de lixiviados. (Torres, J,2021)

Hoy en día los estudios realizados por las diferentes entidades científicas han dado una



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



gran ventaja a la hora de reducir la utilización de coagulantes y floculantes inorgánicos, causantes de la utilización de químicos en la limpieza de las aguas, por lo que se han estudiado muchas semillas que benefician la utilización de coagulantes y floculantes naturales, que ayudan al mejoramiento y potabilización de aguas residuales, disminuyendo la utilización de químicos. (Torres, J,2021).



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



1. Planteamiento del problema de investigación

La contaminación que se vive actualmente es alarmante, el aumento de la agricultura, las personas y las ciudades, generan cantidades considerables de desechos sólidos al día siendo causantes de una gran cantidad de aguas residuales, produciendo contaminantes de recursos hídricos (Wu, y otros, 2013). En Colombia la contaminación crece tan rápido como aumenta la industrialización, razón para realizar una investigación en torno al tema y dar a conocer las diferentes innovaciones obtenidas sobre coagulantes naturales y floculantes.

La eliminación de desechos es una acción importante de la gestión integrada de los desechos. El crecimiento exponencial de la población, el urbanismo y el desarrollo económico han llevado a una intensificación de la generación de residuos, lo que hace que la gestión de residuos sea un gran desafío para países de todo el mundo.

Los países que están en vía de desarrollo en América Latina no cuentan con un control de aguas residuales ni manejo de estas, por lo tanto, la región no está preparada, ni cuenta con un buen plan de manejo y desarrollo para el control de los residuos, hace falta un organismo líder, encargado de dar procesos y formación, para el control de residuos. Por lo tanto, los problemas de gestión de residuos a menudo representan importantes problemas ambientales debido a los



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE

¡Seguimos avanzando!



presupuestos municipales limitados, y la falta de un manejo eficiente de la descarga y control de lixiviados, ya que con base en los conocimientos con que se cuenta en la actualidad, los volúmenes de lixiviados deberían estar de acuerdo con el grado que posea el relleno en lo que respecta a su compactación en cuanto a: Rellenos que han sido compactados a través de compactadores: con un porcentaje de 25% con respecto promedio de lluvia anualizada (alrededor de 6 m³ /ha/d de 751 mm de lluvia anual), las zonas de desechos que han sido comprimidas por medio de maquinaria pesada: 41% del promedio de lluvia por año (9 m³/ha por año), situación que no se ha venido cumpliendo (Tenodi, y otros, 2020).

En la actualidad Colombia no ha sido inmune a la problemática ambiental que generan los rellenos sanitarios, por esta razón este estudio se enfoca en investigar un poco más a fondo el manejo de lixiviados que se generan en estos ambientes de contaminación.

Teniendo en cuenta el problema planteado, surge la siguiente pregunta de investigación:

¿Qué elementos de tipo natural e innovadores, se están experimentando para ser usados como coagulantes y floculantes en lo que respecta a los sistemas que son utilizados para el procedimiento de aguas residuales en rellenos? ¿Cuáles son sus características y ventajas?



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



2. Justificación

Muchos países enfrentan serios problemas con la gestión de desechos sólidos debido a la creciente cantidad de desechos orgánicos y la eliminación común en vertederos abiertos. La producción de una gran proporción de lixiviados de vertederos como aguas residuales contaminadas puede llegar al medio ambiente circundante, lo que puede contaminar los recursos hídricos naturales (Ittisupornrat, Phetrak, Theepharaksapan, Mhuantong, & Tobino, 2021).

Más recientemente, también se ha informado que el lixiviado de vertedero es una fuente importante de sustancias perfluoroalquílicas y polifluoroalquilo (PFAS) en el medio ambiente. Las (PFAS) son un grupo de contaminantes emergentes que han llamado atención a nivel mundial debido a la distribución ubicua, persistencia ambiental y Afectando gravemente el ecosistema y la salud humana. (por ejemplo, cáncer, debilitamiento del sistema inmunológico y alteración de la hormona tiroidea). Las concentraciones de las PFAS informadas anteriormente en el lixiviado de vertederos oscilaron entre 5,1 y 298,559 ng / L en todo el mundo. (Feng, Song, & Mo, 2021).

La composición de las aguas residuales es muy variable dependiendo principalmente del tipo de residuo en el relleno sanitario, la edad del lugar de desechos, los estados climáticos y las propiedades geoquímicas del sitio del relleno sanitario. Estos efluentes complejos se caracterizan



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



por un color oscuro, mal olor y valores significativos de oxígeno necesario. (Catarina, Catarina, Mota, Gouveia, & Gonçalves, 2021).

Por todos esos contaminantes que están conformando a compuesto un lixiviado, es que se requiere mejorar los sistemas de tratamiento, contribuyendo con el medio ambiente. Por lo tanto, en este trabajo investigativo se realiza una recopilación de información reciente, relacionada con coagulantes y floculantes naturales que se están estudiando y que muy probablemente reemplazarán los productos sintéticos o químicos, que se usan con mayor frecuencia.



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Seleccionar y recopilar información científica de diferentes fuentes de investigación bibliográfica, en torno a los coagulantes naturales y floculantes utilizados para la descontaminación de lixiviados.

3.2 Objetivos específicos

Investigar los diferentes coagulantes naturales y floculantes utilizados en los últimos años para realizar la descontaminación de aguas residuales.

Definir los procesos utilizados y adelantos en coagulantes naturales y floculantes según la bibliografía consultada.

Identificar en diferentes artículos bibliográficos la validez de coagulantes y floculantes utilizados en aguas residuales.

Realizar un buen documento, gracias a los datos de revisión bibliográfica.



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Realizar una investigación a fondo sobre las aguas residuales, los diferentes procesos de coagulantes y floculantes naturales, para su descontaminación.



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



4. Marco de referencia

4.1 Marco Conceptual.

4.1.1 pH.

pH es encargado midiendo la cantidad de los iones de hidrogeno que contienen diferentes sustancias o soluciones, manejando así la alcalinidad o acidez, llegando a ser medidas de manera exacta por medio de un objeto conocido como pH metro. (Cultura Científica, 2019).

La escala del pH puede variar según su potencial de hidrogeniones que está enumerada del 1 al 14, si esta sustancia se encuentra del 1 al 6 nos puede indicar que es acida, si está en el 7 su valor es neutro, pero si está entre los valores del 8 al 14 la sustancia es alcalina. Para medir el pH se utilizan tres tipos de indicadores, indicadores líquidos, papeles indicadores y el pH-metros.

Los indicadores líquidos nos ayudan a descifrar por cambios de color, en sustancias incoloras ya que así se puede observar el cambio y saber su pH. Los pH-metros surgen en los laboratorios, son utilizados para generar los valores exactos de este parámetro. Los papeles indicadores están hechos de papel tornasol, que al entrar en contacto con la solución se puede tornar de color azul o rojo lo que nos indica el pH de la solución que puede ser líquida o gaseosa.



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE

¡Seguimos avanzando!



4.1.2 Coagulación.

Proceso fisicoquímico que se utiliza a menudo para eliminar la turbidez y el color de los materiales que suelen ser de naturaleza coloidal (1 a 200 μm). Se han utilizado coagulantes tanto orgánicos como inorgánicos. El tiempo óptimo para una mezcla rápida a menudo se logra en pocos minutos. El mezclado rápido es seguido frecuentemente por floculación por lo que tiene lugar la aglomeración de partículas turbias sedimentadas en flóculos más grandes. Luego, los flóculos se sedimentan y eliminan los contaminantes del lodo. La coagulación se lleva a cabo a menudo utilizando productos químicos como cloruro férrico, sulfato ferroso, sulfato férrico, alumbre, cal, polímeros o una combinación de estos productos químicos. A veces se utiliza una combinación de procesos de coagulación y adsorción (Cabrera, Fleites, & Contreras, 2009).

La coagulación elimina siempre la cantidad de partículas, sin importar el peso, la densidad o su origen y se puede tener dos tipos: Coagulación por asimilación ya que el recurso posee una gran densidad de partículas coloidales, se adiciona el químico coagulante que absorben la sustancia y generan floculos de manera inmediata, y el otro tipo es por barrido, cuando el recurso posee una baja concentración de partículas.

4.1.3 Floculación.

Proceso químico utilizado para tratar el agua, utilizado mediante un proceso físico que



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



puede hacerse mediante dos tipos de tratamiento sedimentación o filtración, así pudiendo mejorar la eliminación de partículas. Un proceso el cual se basa en la agitación de una masa, ayudando a generar grandes flóculos para poder remover de forma efectiva. Se puede realizar mediante métodos pericinética en el cual se aplica a las partículas más pequeñas y la ortocinética se aplica en diferentes velocidades y direcciones.

En resumen, la floculación implica la agregación de partículas. De esta manera, muchas partículas pequeñas se agrupan para formar copos grandes conocidos como grumos. La coagulación se realiza a menudo como parte del tratamiento del agua y las operaciones de limpieza. A menudo se prefieren la coagulación, la floculación y la sedimentación para permitir la filtración de residuos e impurezas. (Nihon kasetu, 2020).

4.1.4 Vertedero de residuos sólidos

Son lugares preparados para verter residuos, basuras o escombros, pero antes de realizar estas prácticas la zona es preparada para poder realizar el almacenaje de desechos, el terreno tiene que pasar por un procedimiento necesario en el que se utilizan diferentes tipos de máquinas que ayudan a realizar un revestimiento artificial que nos permiten evitar que todas estas basuras y residuos contaminen el suelo, por lo general los vertederos deben estar en ubicaciones alejadas de zonas habitadas, aguas potables, entre otros.



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Todos los residuos que llegan a este lugar son depositados al aire libre, donde se compactan por medio de equipos móviles cuya función es hacer que estos residuos ocupen el menor espacio posible, para poder generar una capa de tierra encima de estos residuos con el fin de que queden enterrados y comience su descomposición, aunque después de muchos estudios y pruebas realizadas estos desechos demoran de décadas hasta siglos en lograr su descomposición. (Tecpa, 2020). (ambientun, s.f.)

Según las fuentes de información e investigaciones, los vertederos son los responsables de la mayor contaminación en el planeta ya que estos generan cantidades inmensas de gases de invernadero por año, como por ejemplo el gas metano y dióxido de carbono, gases causantes del aumento de temperatura en el planeta. (ambientun, s.f.)

Por otra parte, Los vertederos suelen ser la causa de polución del suelo y las aguas residuales con los lixiviados que generan debido a la acumulación de desechos.

(ambientun, s.f.)



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Ilustración 1

Vertedero de residuos



Fuente: Vertederos, problemas ambientales. Disponible:

<https://www.ambientum.com/ambientum/residuos/vertederos-un-grave-problema-para-el-medio-ambiente.asp>. 2020.

4.1.5 Lixiviados

Son líquidos o sustancias, producidas y provenientes de diferentes tipos de residuos sólidos que, al entrar en contacto con aguas de lluvia o corrientes, llegan a filtrarse por medio de diferentes basuras y canales, produciendo residuos con un alto nivel de contaminación.

Cuando estos líquidos pasan por los desechos, ocurren reacciones y procesos físicos, químicos y microbiológicos que producen una gran cantidad de contaminantes en presencia de materia orgánica corrosiva y materia inorgánica. (UNAM, 2021)



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE

¡Seguimos avanzando!



Contienen metales pesados y diversos contaminantes como el nitrógeno amoniacal y otros cloruros, cuyo contenido depende del tiempo, el pH, la temperatura, el estado de los residuos y las propiedades de cada uno. (Lozano R. W., 2012). (UNAM, 2021)

4.1.6DBO5.

Demanda bioquímica de oxígeno que posee el agua, podemos decir que es la cuantía de oxígeno que bacterias, hongos y plancton consumen mientras ocurren los procesos de postergación de las sustancias orgánicas que se encuentran en la muestra. Para realizarlo es necesario efectuar un procedimiento cuidadoso y delicado, ya que puede tardar bastante tiempo y se hace mediante procesos de descomposición, que depende de la temperatura. Este proceso es realizado durante cinco días en los que esta muestra se mantiene a una temperatura constante de veinte grados centígrados, es delicado y se debe seguir adecuadamente y mantener la temperatura, podemos añadir que entre mayor sea la contaminación en la sustancia a tratar, mayor será la cantidad de DBO en esta (Carranza, 2013).

4.1.7DQO

Demanda química de oxígeno que se encuentra en el agua, Su proceso se basa en utilizar suficiente oxígeno para oxidar las materias orgánicas presentes, se realiza mediante químicos, convirtiéndola en dióxido de carbono (CO₂) y agua (H₂O), si el porcentaje de DQO es muy elevado el grado de contaminación en el agua es mayor, esta prueba es corta y se realiza en tan solo



SC-CER96940





ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



tres horas por lo que el resultado es mucho más rápido que la prueba del DBO. Un dato muy importante y tras realizar un estudio la DQO en aguas industriales puede obtener valores de 2000 mg O₂/l, teniendo en cuenta que este valor no es constante, este depende y varía según el tipo de industria a la que se le realice el procedimiento.

Tras varios estudios realizados en industrias, se puede decir que las pruebas de DBO Y DQO tienen resultados diferentes, el DBO solo detecta el material orgánico degradado biológicamente presente en la muestra o sustancia, mientras que el DQO busca la oxidación completa lo que nos dice que esta prueba oxida tanto el material orgánico, como el material biodegradable y no biodegradable. Las pruebas de DBO y DQO se expresan en mg de O diatómico por L y miden cual grado de contaminación posee (IDEAM, 2007).

4.1.8 Coloides.

Estas partículas son las responsables de la turbidez del agua y de su color superficial, añadiendo así que son de diámetro muy bajo tanto que pueden tener diámetros entre 1nm y 1µm, para realizar la eliminación de estas partículas en el agua es necesario aplicar los métodos de coagulación y floculación.

Los coloides son partículas de diferentes clases, los hidrofóbicos de origen orgánico y encargados de darle el color al agua, generando enlaces de hidrogeno con moléculas de agua producto de partes electronegativas. Por otra parte, tenemos coloides hidrofílicos los cuales tienen



SC-CER96940



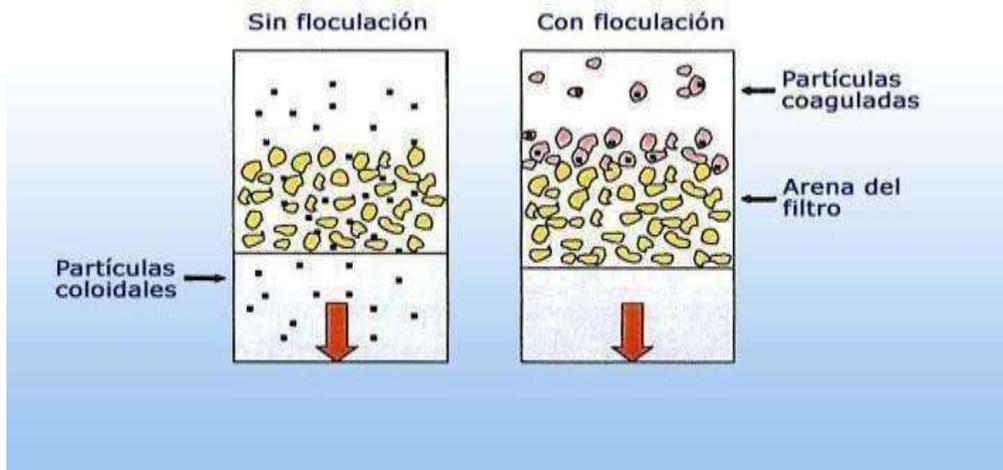
ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



un origen mineral, su mayor característica es que sus cargas negativas están ubicadas en la superficie del agua lo cual hace que la aglomeración sea imposible (Lozano, 2005). Para realizar una buena eliminación de coloides en el agua es necesario realizar un proceso coagulante en el cual el agente coagulante desestabiliza la carga electrostática coloidal promoviendo así que estas partículas generen aglomeración para dar paso al proceso de floculación.

Ilustración 2.

Principios de la floculación:



Fuente: Tratamiento Primario de Aguas Residuales – procesos de Coagulación y Floculación. Disponible en:

<https://spenagroup.com/tratamiento-primario-del-agua-aguas-residuales-sistema-coagulacion-floculacion.2020>



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



4.2. Marco teórico

4.2.1 Composición de un lixiviado.

Como se mencionó anteriormente, el lixiviado es un líquido que impregna los desechos sólidos sedimentarios dando como resultado sólidos disueltos o suspendidos. El lixiviado se forma cuando hay una mezcla de sedimentación y sedimento, lo que da como resultado compuestos y efluentes, y se pueden encontrar varios tipos de contaminantes en los vertederos, con el gran contenido de los compuestos (P), (N) y baja concentración de metales (EMGIRS, 2020)

Además, los lixiviados pueden tener diferentes tipos de compuestos, en una investigación efectuada por un centro de investigación de materiales avanzados en México, se han encontrado más de doscientos compuestos en aguas residuales y lixiviados, realizando una buena identificación de estos se pudieron clasificar en varios tipos de compuestos. (Chávez, 2011). (MARTIN, 2021)

Entre los compuestos se encuentran aquellos con capacidad contaminante, como el tolueno, etilbenceno, xilanos, estireno, naftaleno, pireno, entre otros (FAO, 2019). (MARTIN, 2021)

Los lixiviados que se han formado por los distintos desechos sólidos varían según los términos de composición, además un lixiviado depende del nivel de percolación y otra serie de



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



factores bioquímicos en la célula desechos y el grado de desechos compactación (Abbas, Jingsong, Ping, Ya, & Al-Rekabi, 2009). Por lo general, los estudios realizados en los diferentes rellenos sanitarios indican que los parámetros de estos varían según la edad del relleno sanitario. Por ejemplo, el lixiviado joven (1 a 2 años) se caracteriza por una alta fracción orgánica de peso molecular relativamente bajo, como ácidos orgánicos volátiles, alta DQO, carbono orgánico total (COT), DBO_5 y $DBO_5 / DQO > 0,6$ (Umar et al. 2010).

Por el contrario, el lixiviado antiguo (> 10 años) se caracteriza por una demanda química de oxígeno (DQO) relativamente baja (<4.000 mg / L), ligeramente básica ($pH > 7,5$) y baja biodegradabilidad ($DBO_5 / DQO < 0,1$) (Li, y otros, 2010). Aparte de eso, el ácido húmico y fúlvico y el $NH_3 - N$ también se producen en gran medida en esta etapa debido a la descomposición anaeróbica (Bashir, Aziz, & Yusoff, 2011). Después del período de vertido, el contenido de DBO_5 se degradará durante la etapa de estabilización. El DBO/DQO disminuye con el tiempo porque la parte no biodegradable de la DQO permanece sin cambios en este proceso (Ahmed & Lan, 2012). Alternativamente, el clima, la cobertura del vertedero y el tipo de desechos en el vertedero jugaron un papel importante en la tasa de generación de lixiviados. (Kamaruddin, y otros, 2018).



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE

¡Seguimos avanzando!



Tabla 1.

Lixiviados presentes en rellenos sanitarios

Componentes	Rango (mg/l)
Cloruros	100 - 400
Cobre	0 - 9
Fierro	50 - 600
Flúor	0 - 1
Cadmio	0 - 17
Cromo (VI)	2
Plomo	2
Sodio	200 - 2000
Sulfatos	100 - 1500
Nitratos	5 - 40
Dureza (CaCO ₃)	300 - 10000
DBO	2000 - 30000
DQO	3000 - 45000
pH	5.3 - 8.5

Fuente: lixiviados generados en rellenos sanitarios.

Disponible en: <https://repositorio.unisucre.edu.co/bitstream/>. 2008

4.2.2 Tratamiento de lixiviados.

Cuando se habla de lixiviados es importante tener en cuenta que existen varios tratamientos para estos, entre los más notables y conocidos están los tratamientos primarios como son los procesos físico químicos, donde lo más importante es la coagulación, proceso por el cual se aplican diferentes productos químicos, logrando disminuir turbidez, olor y concentración de sólidos (Sandoval & Laines, 2013).



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



En los vertederos se necesita una respectiva caracterización del material o el lixiviado para así realizar, el primer paso que sirve para definir el modelo y la estructura de un sistema de tratamiento efectivo para su adecuado manejo. A continuación, se dan a conocer cinco tratamientos donde se presentan los procesos más tradicionales para el respectivo procedimiento:

1. Tratamiento de lixiviados en el sitio o traslado a la central de tratamiento: laguna de lixiviados y recirculación al cuerpo del vertedero o en superficie, lixiviados combinados con el sistema de alcantarillado doméstico y tratamiento en la zona de planta central.
2. Procesos biológicos: diferentes combinaciones de los procesos aeróbicos y anaeróbicos.
3. Procesos químicos y físicos: oxidación química, adsorción sobre carbón activado, precipitación química, coagulación, floculación, bandas de aire.
4. Procesos de membrana: ósmosis inversa (RO), combinación de membranas con tratamiento biológico (MBR), ultrafiltración (UF), nanofiltración (NF).
5. Procesos térmicos: evaporación. (Serdarevic, 2017)

4.2.3 Etapas del tratamiento físico-químico

Para poder tratar las aguas y aguas residuales se requieren varios tipos de procesos unitarios u operaciones. Estos procesos unitarios (por ejemplo, cribado, pretratamiento químico, coagulación / floculación, filtración, desinfección, adsorción con carbón activado granular, aireación, ósmosis



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE

¡Seguimos avanzando!



inversa, electrodiálisis, etc.) se combinan para formar un único sistema de tratamiento. El sistema de tratamiento puede contener todos los procesos unitarios o una combinación de cualquiera de ellos. Por lo tanto, una o más de estas operaciones pueden usarse para tratar agua o aguas residuales. Según la naturaleza precisa del tratamiento y la extensión del tratamiento que puede garantizarse mediante un procedimiento de tratamiento particular, los procedimientos de tratamiento de agua residuales se clasifican por lo general en métodos para tratamiento primarios, secundarios y terciarios. Tratamiento primario (por ejemplo, cribado, sedimentación previa, y adición química) proporciona un amplio grado de tratamiento y la especificidad es baja. El tratamiento secundario (p. Ej., Coagulación-floculación, filtración, desinfección) proporciona una mayor magnitud de tratamiento y es más específico que el tratamiento primario, mientras que los métodos de tratamiento terciario (p. Ej., Adsorción, ósmosis inversa, etc.) a menudo se aplican cuando hay un grado de tratamiento más alto es necesario y, a menudo, es específico de un contaminante. (Abiola, 2016).

4.2.4 Deficiencias en los tratamientos.

A pesar del estado convencional de las sales metálicas y los polímeros orgánicos sintéticos, se ha atribuido una serie de deficiencias a su uso continuo. Algunas de las deficiencias incluyen:

- (i) Los altos costos de compra que los hacen inasequibles en la mayor parte del mundo en desarrollo y subdesarrollado.
- (ii) La toxicidad del coagulante primario, el coagulante residual en el agua tratada y los subproductos del coagulante para los seres humanos.



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



- (iii) La producción de grandes volúmenes de lodos, lo que hace que la manipulación y gestión de lodos sea un gran desafío.
- (iv) La gran influencia en el pH del agua producida, lo que hace necesaria la adición de sustancias químicas auxiliares para la corrección del pH.
- (v) Los impactos eco toxicológicos negativos de los lodos que dificultan y dificultan la descarga y gestión de los lodos. Abiola, (2016).

4.2.5 Tratamiento físico-químico de lixiviados.

Los métodos físicos y químicos incluyen extracción por aire, precipitación / coagulación / floculación, procesos de oxidación química, adsorción de carbón activado, procesos de membrana (microfiltración, ultrafiltración, nanofiltración y ósmosis inversa), intercambio iónico, tratamiento electroquímico y flotación. Estas técnicas se aplican a menudo para eliminar compuestos no biodegradables e indeseables del lixiviado del vertedero. Estos pasos de pretratamiento son útiles, especialmente para lixiviados frescos, antes del tratamiento biológico, o un paso de postratamiento (purificación) para lixiviados parcialmente estabilizados y cuando la oxidación biológica se ve obstaculizada por la presencia de sustancias biorrefractarios.

Estos métodos se utilizan con métodos biológicos para potenciar la eficacia de los tratamientos, o para tratar un contaminante específico (Fernández-Alba, y otros, 2016).

Los lixiviados y aguas residuales se caracterizan por tener un gran nivel de sólidos en



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



suspensión, que se asocian con diferentes factores como lo son escorrentías o naturales, que son claves cuando se presenta unión de sólidos en aguas residuales, formando diferentes compuestos y residuos, que pasan por un proceso llamado coagulación.

- a) Coagulación -floculación -precipitación, mediante la adicción de reactivos.
- b) Ósmosis inversa, utilizando membranas semipermeables que separan las aguas residuales en fracciones. Es un sistema relativamente costoso, debido a la corta vida de los filtros utilizados
- c) Oxidación química. El agente puede ser líquido, sólido o gaseoso.
- d) Evaporación. Se produce en concentración de contaminantes, sus procesos son la destilación o evaporación.
- e) Adsorción en carbón activo se utiliza carbón activado granular, elimina el 99% de los componentes orgánicos en las aguas residuales, su mantenimiento es muy elevado.
- f) Arrastre por aire. Eliminación del metano y amoníaco que se encuentran disueltos en aguas residuales (López, 2017).



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Tabla 2

Tratamientos disponibles para los lixiviados

Tratamientos Térmicos	Tratamientos Biológicos	Tecnologías de Membranas	Tratamientos Físico-químicos
Secado	Fangos Activos	Ósmosis inversa	Stripping amoniaco
Evaporación	Lechos bacterianos	Ósmosis directas	Carbón activo
Evapocondensación	Biodiscos	Filtración	Procesos avanzados de oxidación
	Lagunaje	Ultrafiltración	Coagulación-floculación

Fuente: Tecnologías de tratamiento aplicadas al manejo de lixiviados. Disponible en: <https://repository.usc.edu.co/bitstream/handle/>.

2020

4.2.6 Coagulación – Floculación.

La coagulación-floculación se considera una solución eficaz y de bajo costo cuando se trata de compuestos específicos en el lixiviado de vertederos. Muchos estudios han informado de la eficacia de las sales tradicionales de aluminio y hierro para tratar aguas residuales de vertederos. Cuando aplica coagulantes metálicos para el tratamiento de las aguas residuales de vertedero ha sido testigo recientemente de una evolución representada por la aparición de coagulantes híbridos y la combinación in situ con procesos electroquímicos y de oxidación. Por ejemplo, un estudio reciente realizado por Mohd-Salleh et al. descubrió que un compuesto de cloruro de poli aluminio (PAC) y polvo de cáscara



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



de tapioca era eficaz para tratar el lixiviado de los vertederos, (Ilaria, abRaed, Al-JubooriaJuho, & KaljunenaAnna, 2021).

4.2.7 Usos y pasos de tratamientos de coagulación –floculación.

La coagulación o floculación remueven sólidos del agua, preparándola para diferentes procesos de potabilización. La coagulación implica reducir la carga de partículas en una suspensión. Las partículas de aguas residuales suelen tener una carga negativa.

Las mismas cargas crean la fuerza motriz que mejora la suspensión. El método de coagulación reduce la carga negativa facilitando la fusión de partículas para formar escamas microscópicas. La coagulación depende de la cohesión para formar grumos más grandes.

El proceso de CF implica los siguientes aspectos:

- i) Mezclado rápido. Igualmente, denominado mezcla flash, en la que los refuerzos de coagulación y floculación junto a los componentes que ajustan el pH se adicionan a la muestra experimental del agua, realizando una mezcla rápida. Por lo tanto, el objeto es diseminar los diferentes químicos presentes en el agua, para lograr reducir que las partículas se repelan, con el fin de admitir la coagulación.
- ii) Mezclado lento. Este tipo de mezclado se realiza con una velocidad contenida. Puesto que la finalidad es conservar los elementos que han sido mezclados en el agua y causar una formación de flóculos dilatados, llegando así al proceso de floculación.
- iii) Sedimentación. Deje de mezclar para producir un precipitado. (Trujillo, y otros, 2014).



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



4.2.8 Condiciones que afectan el proceso de coagulación.

Identificar condición en que se encuentra es un proceso de coagulación crucial, ya que utiliza completamente el coagulante agregado para eliminar la mayoría de los contaminantes. Los diferentes coagulantes tienen disímiles condiciones óptimas. Comprender la interacción entre el coagulante y el contaminante es importante para identificar la máxima eficiencia del coagulante, además de minimizar el costo operativo y el volumen de lodos. Varios factores que afectan los cursos de coagulación en el tratamiento de aguas residuales incluyen los diferentes coagulantes, la dosis que se utiliza, los procesos para el mezclado y las características del agua/aguas residuales a tratar.

4.2.9 Dosis de coagulante.

El efecto de la dosis que se va a utilizar de coagulante contra la eliminación de contaminantes se puede analizar a través de tres condiciones diferentes, a saber, subdosificación, dosis óptima y sobredosis. La infradosificación puede definirse como una dosis de coagulante insuficiente para adherirse al contaminante existente en las aguas residuales y requerir coagulantes adicionales para lograr una condición óptima. La adición de más coagulantes a las aguas residuales proporcionará sitios de coagulantes más activos para atraer y absorber contaminantes.

Los coagulantes químicos agregados al agua pasarán por el proceso de hidrólisis donde se descompondrán en varios productos de hidrólisis. Estos productos de hidrólisis son responsables de la



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!

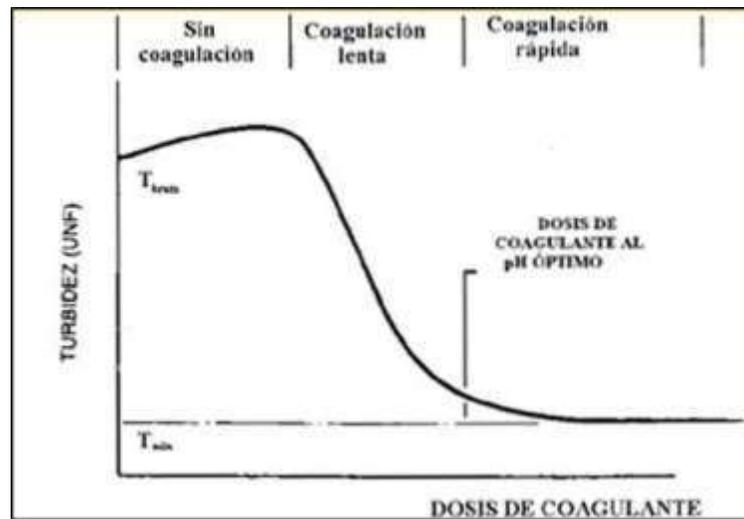


eliminación exitosa de contaminantes. Un pH diferente producirá diferentes productos de hidrólisis y disímiles productos son efectivos para un mecanismo diferente.

Mientras tanto, el efecto del pH en los coagulantes naturales depende del agente coagulante activo y su mecanismo. Si el agente coagulante activo es una proteína como la semilla de *Moringa oleífera* y su mecanismo es la neutralización de carga, el efecto del pH es más prominente. Proteína (Bahrodín, MB, Zaidi).

Ilustración 3

Dosis de coagulantes



Fuente: Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Agua – CIDTA. Disponible en: <https://docplayer.es/52288213->

Unidad-5-capitulo-1-generalidades.html. 2008



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



4.3. Marco legal

Resolución 0631 de 2015: Por medio del cual se normaliza el artículo 28 del Decreto 3930 de 2010 y modifica el Decreto 1594 de 1984 (el cual ha estado vigente por 30 años) dando respuesta a las nuevas realidades urbanas, industriales y ambientales del país. Esta aprueba la inspección de los elementos contaminantes que se integran a los cuerpos de agua esparcidas por 73 procesos productivos que hacen presencia en ocho sectores económicos del país (Min ambiente, 2015).

El Decreto 1076 del año (2015) promueve la reutilización de aguas residuales, buscando diferentes planes para aumentar la gestión de limpieza en vertimientos.

Artículo 75. Diseño de obras para uso. Al diseñar edificios que utilizan residuos sólidos, considere los siguientes aspectos para la construcción:

1. El diseño arquitectónico del área minera debe ser independiente para minimizar el impacto en el área afectada.
2. Proporcionar un espacio mínimo para recibir los residuos recuperados y proporcionar una capacidad de almacenamiento para los materiales recuperados, y sin olvidar las circunstancias del comportamiento del mercado.
3. Proporcionar métodos fáciles de acercamiento según el tipo de transporte utilizado en el servicio de limpieza regular.



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



4. Ventilación adecuada.
5. La presencia de un sistema de protección contra incendios.
6. La presencia de un sistema de drenaje para controlar el agua de lluvia y las fugas, y un sistema para realizar la recolecta de lixiviados y poder tratarlos.

Artículo 90. Criterios básicos de diseño. Se debe tener en cuenta los siguientes aspectos.

Sistema de drenaje de agua de lluvia, sistema de sellado, generación, gestión y control de LAC

Artículo 94. Gestión de filtros. Los operadores de rellenos sanitarios irresponsables se aseguran de que el fluido de lavado resultante sea tratado antes de la descarga final, de modo que el efluente cumpla con las regulaciones de alcantarillado aplicables, en los estudios ambientales relevantes.

De acuerdo a los decretos y leyes dados por el presidente en acuerdo con el Ministerio de Medio Ambiente, se debe realizar una supervisión y manejo adecuando de tiempo.



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Tabla 3.

Control y monitoreo de calidad del recurso agua

Parámetros	Mayor de 15TM/día	Menor o igual 15 TM/día
pH	Semestral	Anual
Conductividad eléctrica	Anual	Bianual
Oxígeno Disuelto	Semestral	Anual
Metales pesados	Semestral	Anual
DQO	Semestral	Anual
Amoniaco	Anual	Bianual
Nitritos	Semestral	Anual
Nitratos	Anual	Bianual
Lixiviados y calidad del vertimiento a fuentes superficiales	Frecuencia	

Fuente: Min ambiente decreto número (0838). Disponible en:

https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Normativa/Decretos/dec_0838_230305.pdf. 2005.



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



5. Resultados de la investigación

La transición del uso de un coagulante químico a un coagulante natural puede ser una solución alternativa para minimizar la polución ambiental y los diferentes peligros para la salud, al mismo tiempo que se promueve la tecnología verde en la aplicación de tratamiento de aguas residuales. Coagulantes naturales se pueden extraer de fuentes naturales de plantas o animales. Un coagulante natural de origen vegetal no es nuevo, ya que se descubrió por primera vez hace décadas. (Bahrodin, Zaidi, & Hussein, 2021).

Coagulantes y floculantes naturales: Las aplicaciones de transición de sustancias químicas a los recursos naturales han atraído mucha atención de investigadores de todo el mundo. Los investigadores empezaron a tener un profundo interés por los recursos naturales debido a sus inmensas ventajas; por ejemplo, los recursos naturales son relativamente más baratos en comparación con las sustancias químicas y producen menos volumen de lodo. En todo el mundo, los países están explorando varias fuentes de materias primas, ya sea de plantas o de animales, para desarrollarlas como coagulantes naturales. Países como Malasia, Brasil e India documentaron muchas investigaciones relacionadas con el coagulante natural. Bahrodin, Zaidi, & Hussein, (2021).

5.1. Moringa Oleífera.

La planta llamada moringa oleífera tiene propiedades medicinales y beneficiosas, nativa de la india, trayendo consigo una gran cantidad de proteínas y también minerales. sus semillas son utilizadas



SC-CER96940





ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



para experimentos como coagulantes de aguas residuales.

Es un árbol originario de la India que contiene proteínas catiónicas que contienen que pesos moleculares oscilantes entre 6,5 y 30 KiloDalton según la complejidad que tenga la proteína y la distribución ecológica de la planta. La extracción de componentes de MO se realiza normalmente con sal o agua desionizada. Además, los principales componentes coagulantes activos del MO pueden obtenerse mediante métodos de purificación avanzados como la ultrafiltración, el intercambio iónico, la precipitación y la liofilización. Sin embargo, los métodos de purificación suelen implicar pasos complejos y costosos que perjudican la viabilidad del proceso. Los componentes activos coagulantes son competentes de desestabilizar coloides de las aguas que son desechadas a través del componente de coagulación de concentración y neutralización de carga o formación de puentes. (Vega, Ferreira, Alcioneía, Yumi, & Gonçalves, 2020).

Ilustración 4

Moringa Oleífera



Fuente. Disponible en: <http://www.fao.org/typo3temp/pics/ef68c7ead5.jpg>

En proyecto de investigación desarrollado en Pahang, Malasia publicado en un artículo escrito



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE

¡Seguimos avanzando!



por (Shan, Matar, & Makky, 2017), se muestra como afectó este coagulante a los diferentes lixiviados.

Las muestras se recolectaron en dos sitios objetivo: el río “Sungai baluk”, el Polígono Industrial Gebeng y el vertedero. El río “Sungai baluk” se encuentra en la principal zona industrial de Kuantan, estado de Pahang, Malasia. Esta investigación que examinó la calidad del agua del río “Sungai baluk” se considera muy significativo debido al enorme volumen de efluentes industriales vertidos en este río que provocan el menoscabo de la calidad del agua. El tipo de agua residual utilizada en este estudio fue lixiviado. Las muestras se recolectaron del vertedero ubicado a lo largo de la carretera Jabor-Kerangau, distrito de Kuantan, estado de Pahang, Malasia. La ubicación del relleno sanitario es $3^{\circ} 56'53''$ N, $103^{\circ} 21'03''$ E. (Shan, Matar, & Makky, 2017).

El procedimiento para tratar las aguas residuales se realizó usando un aparato de prueba de jarras de paleta PB-700 6. Se etiquetaron seis vasos de precipitados y se añadieron aproximadamente 500 ml de agua a cada vaso de precipitado que se colocaron en el aparato de la prueba de jarras. Se añadió la concentración correcta de solución madre en cada vaso de precipitados y se hizo funcionar a una velocidad inicial de 150 rpm por un tiempo de 2 min. Luego, la velocidad se redujo a 50 rpm y se continuó durante 25 min. Las paletas se detuvieron y el agua se dejó reposar durante 1 h. Después de 1 h, se recogió una muestra de agua clara en un matraz cónico y se almacenó a 4° C para su posterior análisis. (Shan, Matar, & Makky, 2017).

La semilla de MO exhibió una alta efectividad en la reducción y previsión del crecimiento bacteriano en muestras de aguas residuales y del río “Sungai baluk”. El oxígeno disuelto (OD) mejoró



SC-CER96940





ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



de $2,58 \pm 0,01$ a $4,00 \pm 0,00$ mg / L. Sin embargo, no hubo alteración significativa del *pH*, conductividad, salinidad y sólido total diluido después del procedimiento. Los metales pesados como el Fe se eliminaron por completo, mientras que el Cu y el Cd se eliminaron con éxito hasta en un 98%. La reducción de Pb también se logró hasta en un 78,1%. En general, el 1% de la torta de semillas de MO fue suficiente para eliminar los metales pesados de las muestras de agua. Este resultado preliminar de laboratorio corrobora el potencial grande que presenta la semilla de MO en estudios orientados a tratar aguas residuales. (Shan, Matar, & Makky, 2017).

Tabla 4

Cantidad de bacterias según la concentración de MO.

Concentración de MO (%)	Porcentaje de bacterias de diferentes muestras de agua (CFU / mL)	
	Rio "Sungai balak"	WW
0.0	$1,70 \times 10^3$	$1,05 \times 10^5$
1.0	$3,50 \times 10^4$	$2,10 \times 10^3$
2.0	$3,60 \times 10^4$	$9,70 \times 10^4$
3.0	$7,50 \times 10^4$	10^4

Fuente. Base de datos UniPamplona. Disponible en: <https://link-springercom.unipamplona.basesdedatosezproxy.com/article/>. 2017.

Promoción y desarrollo de M. oleífera: como coagulante natural, proporciona diversos beneficios a muchos países del mundo en desarrollo. Puede considerarse como un método de tratamiento de agua sostenible, conveniente, eficiente y robusto. Mejorar la eficiencia de algunos procedimientos en el manejo de aguas residuales puede reducir la dependencia de la importación y distribución de productos químicos tratados, creando un nuevo cultivo para los agricultores y oportunidades laborales para la población rural en particular. (Shan, Matar, &



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Makky, 2017).

En el año 2020 se publicó otro artículo sobre el tratamiento de aguas residuales, donde se hace referencia al uso de un coagulante natural, consistente en un polvo extraído de la moringa oleífera. Se tomaron muestras de agua superficial que se recolectaron en tres lugares, a saber, Tan Luong Ferry (S1) (provincia de Binh Duong), Nguyen Van Tri Park (S2) (provincia de Dong Nai) y Hoi Son Ferry (S3) (Ciudad Ho Chi Minh). Los tres sitios se encuentran en Dong Nai río, Vietnam. Las muestras de agua se recolectaron seis veces durante la temporada de lluvias (octubre) y la temporada seca (junio). A cada sitio estudiado se le tomaron tres muestras de agua superficial. El análisis del agua residual se hizo siguiendo los Estándares Nacionales de Vietnam TCVN 6663-1: 2011 calidad del agua con base en un procedimiento de muestreo.

Los prototipos de agua se recolectaron a un nivel de profundidad de 10 a 30 cm desde la superficie superior del cuerpo de agua y en puntos alejados de la ribera del río con una distancia mínima de 5 m. (Nhut, Hung, & Lap, 2020).

Preparación del polvo de MO: En este estudio, las semillas fueron tonadas después del proceso de exprimir el aceite y, a continuación, se cortaron en piezas de 3-4 cm y se colocaron en la amoladora (1000A, China) con la rotación fija de 25.000 rpm. Después de 1 min, se obtuvo la cantidad de polvo fino. Con el objetivo de conseguir el coagulante de reserva, el polvo extraído (10 g) se disolvió en 200 ml de agua destilada. La mezcla se realizó usando un agitador magnético (IK 85-2, China) durante 10 minutos a alta velocidad para extraer las proteínas activas de *M. oleífera*. Investigaciones anteriores



SC-CER96940



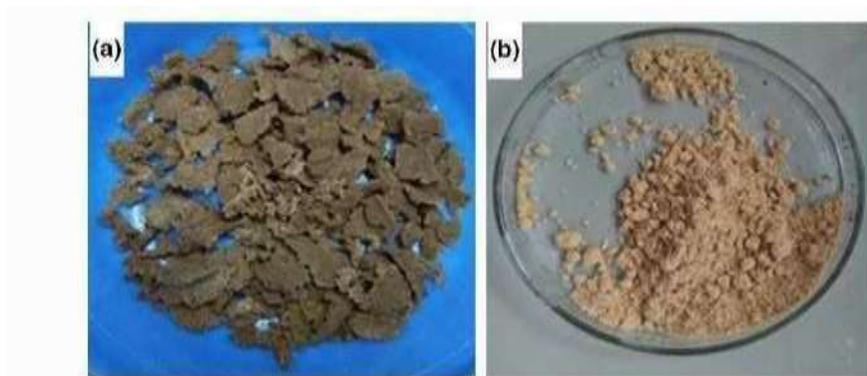
ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



informaron que la tela de muselina podría usarse para eliminar los sólidos que quedaron en suspensión que después de que el polvo de *M. oleífera* se mezclara con agua (Muyibi y Evison, 1995; Katayon et al., 2006 ; Pritchard y col., 2010). En consecuencia, la mezcla se filtró con una tela de muselina y se obtuvo una solución madre con una concentración del 5% (p / v). (Nhut, Hung, & Lap, 2020).

Ilustración 5

Pulverización de la semilla de Moringa Oleífera.



Fuente. Base de datos Unipamplona. Disponible en: <https://link-springer-com.unipamplona.basesdedatossezproxy.com/article/10.1007/s13762-020-02935-2/figures/2>. 2020.

La simulación del ensayo se realizó mediante la prueba de jarras en situ y en laboratorio. Se utilizaron métodos para la caracterización de las muestras siguiendo Métodos Estándar para la prueba de Aguas Residuales (APHA-AWWA-WEF), en el DQO se realizó en el laboratorio con base en el método SMEWW 5220-D. El análisis de las concentraciones de NTK y SS se realizó mediante el método APHA 4500-N_{org} B y APHA 2540, respectivamente. Otras medidas, como el pH y la turbidez, fueron calculados directamente en el turbidímetro y el multiparámetro (WQC-22A, Japón). Nhut, Hung, & Lap, (2020).



SC-CER96940





ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Los ensayos de jarra propuestos por (Velp Científica, 2020), se utilizaron para evaluar el procedimiento de coagulación utilizando un biocoagulante de 0.05-0.3 ml L⁻¹ para las muestras de agua. Se vertió un litro de la muestra en seis recipientes de precipitados que fueron etiquetados con la dosis de *Moringa*. Para una distribución eficaz de los coagulantes, la velocidad de rotación de la paleta durante la mezcla rápida fue a 120 rpm durante 2 min y luego se redujo a 50 rpm durante 30 min. A continuación, las suspensiones se dejaron reposar durante 30 minutos para facilitar la sedimentación. Finalmente, se midieron estos parámetros: pH, turbidez, nitrógeno Kjeldahl total (TKN) y demanda química de oxígeno (DQO). La temperatura de las pruebas realizadas estuvo entre (27 ± 0,5 ° C). El pH de las muestras de agua no cambió durante el proceso de coagulación porque el pH de las muestras de agua de río estaba alrededor de 6.5. Según informes anteriores, el pH óptimo obtenido con semillas de *M. oleífera* (proteína coagulante) ha sido de 6,0 a 8,0 (Nhut, Hung, & Lap, 2020).

Según Nhut, Hung, & Lap, (2020), en este estudio se concluye que con el uso de este coagulante natural, las muestras lograron mejoras importantes en su PH y turbidez cuando se aplica la dosis optima del coagulante; porque una dosis alta traería consecuencias, en el aumento del pH.

En resumen, en los dos estudios, muestran la importante relevancia de este producto natural, que con un buen uso se puede obtener resultados importantes con respecto a la remoción de la Turbidez de las muestras, en los dos estudios mostraron resultados satisfactorios si afectar los valores del PH.

5.2. Quitosano.

El quitosano es un polímero abundante en la naturaleza, que se obtiene por medio de un proceso,



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



da como resultado exoesqueletos y paredes de hongos. Sirviendo como coagulante en la medicina y en la industria como coagulante floculante gracias a sus propiedades.

Se puede producir a un costo relativamente bajo. En muchos países, los desechos de la pesca se utilizan como fuentes excelentes para producir quitina y quitosano. En el manejo de aguas residuales, los quitosanos se suelen ofrecer en escamas o polvos con precios que oscilan entre 10 y 50 US \$/kg, dependiendo principalmente del grado de desacetilación (70% <valor <90%), peso molecular y pureza (técnica grado) parámetros. (Lichtfouse, Lichtfouse E. y col. (2019) Quitosano para procesos de biofloculación directa.

En: Crini G., Lichtfouse E. (eds) Sustainable Agriculture Reviews 36. Sustainable Agriculture Reviews, vol 36. Springer, Cham., 2019).

El quitosano es un recurso no tóxico, biocompatible y biodegradable, y una posible alternativa a los polímeros sintéticos como producto ecológico. También tiene la ventaja de ser no corrosivo y seguro de manipular, es decir, producto no peligroso, no irritante (Lichtfouse, Lichtfouse E. y col. (2019) Quitosano para procesos de biofloculación directa. En: Crini G., Lichtfouse E. (eds) Sustainable Agriculture Reviews 36. Sustainable Agriculture Reviews, vol 36. Springer, Cham., 2019).

Además de ser natural y abundante, este aminopolisacárido también posee otras características útiles como hidrofiliidad, polifuncionalidad, reactividad, propiedades complejantes y de adsorción. Lichtfouse, (2019).



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Ilustración 6

Imagen del quitosano



Fuente. Asesorías Ecoambientales. Disponible en: <https://i1.wp.com/asesoriasecoambientales.com.co/wp-content/uploads/2018/09/IMG-20180918-WA0009-e1538061705939.jpg?w=1280>. 2020

A pesar de la gran cantidad de estudios sobre el uso de quitosano para la biofloculación en la literatura, este campo de investigación no ha logrado encontrar aplicaciones prácticas a escala industrial. De hecho, aparte de algunos estudios piloto en acuicultura o en aplicaciones específicas, por ejemplo, recuperación de metales preciosos, la biofloculación con quitosano se encuentra en la etapa de estudio a escala de laboratorio en tratamientos de agua y aguas residuales. (Lichtfouse E. y col., (2019).

Ilustración 7.



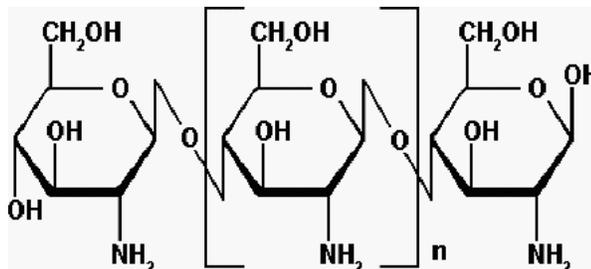
SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Formula química del quitosano.



Fuente. Universidad de Granada. Disponible en:

http://www.ugr.es/~iquimica/PROYECTO_FIN_DE_CARRERA/lista_proyectos/imagenes/p173.h3.gif. 2019

En estudio realizado por (Campo, Delgado, Roa, Mora, & Carreño, 2019), del tratamiento de lixiviados utilizando este novedoso producto (quitosano), se registraron los siguientes resultados:

Tabla 5.

Resultados del tratamiento de las muestras de aguas residuales

Factores	Niveles Concentración			Réplicas	Variable de respuesta
	(%)				
Quitosano(Q)	1	1,5	2	3	Porcentaje de remoción de turbidez % DBO DQO SST SS
Extracto acuoso de cascara de naranja (EACN)	1	1,5	2		
Quitosano + extracto acuoso de la cascara de naranja (Q+EACN)	0,5 + 0,5	0,75 + 0,75	1+1		

Fuente: Campo, Delgado, Roa, Mora, & Carreño, 2019. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v21n2/0123-4226-](http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v21n2/0123-4226-rudca-21-02-00565.pdf)

[rudca-21-02-00565.pdf](http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v21n2/0123-4226-rudca-21-02-00565.pdf)



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Al realizar un tratamiento de los resultados estadísticos, estos arrojaron un nivel de 95% ($P < 0,05$); para así discernir el resultado del ANOVA. (UNAM, 2021)

Se realizaron tres muestras para poder determinar los resultados del DQO. Se agregó 1.5% de quitosano y 2% de extracto acuoso de cáscara de naranja a 2 muestras de agua, se agitaron una por 5 minutos y la otra por 20 minutos, con un pH de 5,5. (Álava, 2016). (UNAM, 2021). Los resultados fueron de 200 mk O₂/L del parámetro DQO (Campo, Delgado, Roa, Mora, & Carreño, 2019).

Por otra parte, durante el paso de casi veinte años aumento el uso del quitosano como biofloculante y en el desarrollo de nuevos materiales basados en quitosano, por ejemplo, quitosanos injertados, compuestos y materiales híbridos, para procesos de biofloculación directa. Las principales aplicaciones potenciales son en aguas residuales, deshidratación de lodos, cosecha de microalgas y de flotación por aire disuelto. (Lichtfouse, Morin-Crini, & Fourmentin, 2019).

Los lixiviados de los vertederos tienen altas concentraciones de nitrógeno amoniacal, materia orgánica biodegradable, compuestos recalcitrantes como sustancias húmicas, metales pesados y compuestos orgánicos xenobióticos. Los tratamientos biológicos se usan comúnmente en la anulación de la materia orgánica biodegradable y el nitrógeno amoniacal, debido a la confiabilidad, simplicidad y alta rentabilidad. Como complemento al tratamiento biológico, se ha empleado el tratamiento de coagulación-floculación tendiente a reducir la concentración de materia orgánica recalcitrante y la toxicidad del lixiviado del vertedero. No obstante, los coagulantes químicos pueden presentar consecuencias adversas sobre el medio ambiente. Por lo tanto, se sugiere que el quitosano podría ser



SC-CER96940





ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



una mejor alternativa. (Lichtfouse, Morin-Crini, & Fourmentin, 2019).

(Nascimento et al: 2017), realizaron una identificación de la dosis y los valores de pH para la coagulación-floculación de lixiviados tratados biológicamente utilizando quitosano como biocoagulante para la remoción de materia orgánica recalcitrante. Se comparó el rendimiento del quitosano y del sulfato de aluminio, coagulante metálico usado en las plantas de tratamiento de aguas residuales. La dosis de coagulante investigada osciló entre 700 y 1100 mg / L para el quitosano y entre 1300 y 1700 mg / L para el alumbre; el valor del pH varió de 6,0 a 9,0 para el quitosano y de 8,0 a 10,0 para el alumbre. El gradiente para el mezclado rápido, el tiempo para el mezclado rápido, el gradiente para el mezclado por floculación y el tiempo de floculación se mantuvieron constantes. Los valores del gradiente para mezcla rápida para el quitosano y alumbre fueron 400 s^{-1} y 869 s^{-1} , con tiempo para mezcla rápida de 30 s y 10 s y gradiente de floculación de 30 s^{-1} y 30 s^{-1} con tiempos de floculación de 10 min y 10 min, respectivamente. Basado en un modelo matemático y de optimización gráfica, los resultados mostraron que dosis de quitosano por debajo de 700 mg / L y valores de pH entre 6.0 y 6.5 o dosis de quitosano cerca de 900 mg / L y valores de pH entre 8.0 y 8.5, conducen a mayores eficiencias de remoción de recalcitrante materia orgánica (50 a 80%); la mayor remoción de turbidez (90%) se obtuvo a una dosis menor, menor a 900 mg /L, con un pH entre 6.5 y 9.5; y una cantidad de alumbre entre 1542 y 1762 mg / L con un pH entre 8.5 y 10.0 conduce a valores de eficiencia de remoción mayores.

Emplear la función de optimizador de respuesta (Minitab[®]16), la máxima validez de remoción de color verdadero (80%) y la remoción de turbidez (91%) se encontraron usando 960 mg / L de quitosano a pH 8.5; y el uso de 1610 mg / L de alumbre a pH 9,5, la verdadera eficacia de eliminación



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



del color fue del 87% y la eliminación de turbidez alcanzó el 81% Nascimento et al, (2017).

Como explicación a la disminución del pH de la solución, parte de las sustancias húmicas que en el lixiviado se volvía insoluble, lo que resultaba en un nivel reducido de materia orgánica restante. En consecuencia, la cantidad de quitosano necesaria para la desestabilización del sistema coloidal es menor. Además, a un pH de 6,0 o menos, más del 90% de los grupos amina están protonados. Por lo tanto, se requiere una dosis más baja de quitosano para una coagulación-floculación eficiente a un pH más bajo. Esto puede explicarse por las propiedades ácido-base del quitosano y el grado de disociación del polielectrolito. El pK_a de los grupos amina está cerca de 6.3-6.4 para el quitosano completamente disociado con un grado de desacetilación cercano al 90%. (Morin-Crini, Lichtfouse, & Crini, 2021)

Al respecto se ha concluido que la alta sensibilidad del desempeño del quitosano para eliminar el color verdadero y los niveles de turbidez abre posibilidades para el uso del quitosano como coagulante para ayudar en la eliminación de contaminantes recalcitrantes en el lixiviado de vertederos.

5.3. Biocoagulante de hongos del quitosano

El clorhidrato de quitosano extraído del champiñón ostra, que se puede obtener en reacciones enzimáticas o procesos químicos de crustáceos.

Este biocoagulante consta de un polisacárido lineal que consta de cadenas de D-glucosamina distribuidas aleatoriamente, unidades desgrasadas y unidades químicas de N-acetil-D-glucosamina. Es un derivado obtenido de la quitina, que se trata con soluciones básicas a alta temperatura. En 1959 el profesor C. Roget, descubrió los



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



hongos del quitosano al realizar experimentos con quitina caliente e hidróxido de potasio, obteniendo un producto al que llamó quitina desnaturalizada, que luego fue desarrollado por Félix Hoppe llamado quitosano. En estado normal, pero no es raro encontrarlos.

También es un polisacárido presente de forma natural en la estructura celular de algunos hongos; sin embargo, la principal fuente de su producción es la hidrólisis de la quitina, en un medio alcalino, generalmente hidróxido de sodio o potasio, a alta temperatura. (Lárez, 2013)

Durante la recopilación de información, también se ha encontrado un artículo que contiene un estudio muy novedoso, respecto a la extracción del quitosano a partir de hongos.

En este trabajo (Fuentes, Contreras, Perozo, Mendoza, & Villegas, 2018), examinaron el desempeño del quitosano obtenido de hongos como un nuevo agente coagulante natural en la eliminación de turbidez en diversas dosis de coagulante y a varios valores de pH. El quitosano se comparó con el alumbre cuando se aplicó para eliminar los sólidos suspendidos del caolín y la pepita como modelos de aguas residuales.

El CM fue proporcionado por Xi'an Surnature Biological Technology Co. Ltd., China.

Las especificaciones de CM fueron las siguientes: peso molecular $161,16 \text{ g mol}^{-1}$, desacetilación DD 90,1%, contenido de cenizas $\leq 1,5\%$ y viscosidad 1-2 CPS. La solución de quitosano se preparó según Guibal y Roussy. Se añadió un gramo de quitosano en polvo a 98 ml de agua desionizada durante 24 h. A continuación, se añadió a la mezcla 1 ml de ácido acético y también se dejó durante 24 h. Finalmente, la solución se mantuvo bajo mezcla durante 1 hora y se obtuvo la solución



SC-CER96940





ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



final.

Para determinar la actividad antimicrobiana de la MC, se llevó a cabo una prueba antimicrobiana probando la eficacia de la MC en el tratamiento y la inhibición de bacterias. Esta prueba se llevó a cabo colocando un disco de papel (6 mm de diámetro) que contenía antibiótico (CM) en una placa de prueba donde crecían los microbios. Se han utilizado cuatro tipos de microbios, B 29, E 266, S 276. Cada muestra de microbio se preparó de acuerdo con los estándares de 0,5 McFarland (108 células). Se utilizó el estándar de estreptomycin para cada tipo de bacteria. El estándar de nistatina se utilizó para levaduras y hongos.

Las placas se incubaron a 30–37 ° C durante 18–24 h para asegurar que se haya producido un crecimiento suficiente. Después de la incubación, se examinó cada placa. Luego, se midieron los diámetros de las zonas incluyendo el diámetro del disco. La zona de inhibición se midió usando calibradores deslizantes o una regla que se sostenía en la parte posterior de la placa de prueba.

Por último, del estudio se deduce los siguientes resultados:

Este estudio ha examinado la eficacia de un nuevo quitosano obtenido comercialmente de un hongo para reducir los sólidos que se encuentran suspendidos de caolín y pepita. CM mostró un contraste significativo en términos de dependencia del pH en el tratamiento de caolín y pepita. La CM es muy activa en condiciones alcalinas (pH 11) cuando se trata con caolín y en condiciones ácidas (pH 3) cuando se trata con pepita. Esto puede atribuirse a la propiedad anfótera de CM que permite que los compuestos trabajen en varios valores de pH.



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Una dosis de 10 y 20 mg l⁻¹ elimina hasta el 99% de los sólidos del caolín y la pepita, respectivamente, con una turbidez inicial de 2500 NTU sin necesidad de filtración. El flóculo producido durante el proceso de coagulación es lo suficientemente suelto como para precipitar en aproximadamente 8 minutos en las condiciones óptimas. El costo estimado para producir casi el 99% de remoción de turbidez debido a la aplicación de CM en el tratamiento de muestras de pepitas con una turbidez inicial de 2500 UNT es de Ringgit Malaysia (RM) \$4.52 por metro cúbico, mientras que RM \$84 como costo para la aplicación de alumbre no fue suficiente para alcanzar la misma eficiencia de CM para igual turbidez inicial.

En los estudios revisados se evidencia el gran potencial que tienen los hongos extraídos del quitosano y usado también como coagulante natural, que se basan en almidón, tanino, extracto de semilla y goma guaran (polisacárido de reserva nutricional de las semillas), que se pueden modificar fácilmente para que sean más efectivos.

(Ahmed, Sumath, & Hameed, 2006), compararon siete coagulantes naturales diferentes con alumbre, cloruro férrico y PAC, y midió el valor de la DQO; turbidez, SST, metales pesados y NH₃-N para todos ellos e informó que algunos de los coagulantes naturales eran más eficientes que los coagulantes tradicionales. Por ejemplo, la eliminación de DQO más baja se logró con PAC, mientras que la hoja de tabaco tuvo la eliminación de DQO más alta. La eliminación de SST fue mayor para los siete coagulantes naturales en comparación con el alumbre y el cloruro férrico.



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Otro estudio realizado por (Chen, y otros, 2011), exploraron el uso de goma de guaran como coagulante para tratar el lixiviado de vertederos y reportó una eliminación de DQO del 22,6% cuando trabajaban en condiciones óptimas.

Pocos otros estudios informan sobre la eficacia de los productos naturales cuando se utilizan como coagulantes o coagulantes en el tratamiento de lixiviados de vertederos, y notifican generalmente remociones de DQO, color, SS, turbidez y eliminación de amoníaco (Righetto, Al-Juboori, Kaljunen, & Mikola, 2021)

5.4. Cactus.

El cactus es una planta perteneciente a la familia Cactaceae y comúnmente conocida como tuna, atún, nopal u opuntia ficus-indica (Prakash & Manikandan, 2012). Es autóctona de México y luego se introdujo en el norte de África.

El cactus retiene un 92% de agua en sus almohadillas reconocidas como cladodios haciéndolos muy jugosos. La composición de los cladodios está bien documentada en términos de su valor nutricional y ambiental. Contienen principalmente agua (80 a 95%), fibra (1 a 2%), proteínas (0,5 a 1%) y carbohidratos (3 a 7%)



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Ilustración 8.

Cactus Cladodios.



Fuente: https://st2.depositphotos.com/16122460/46548/i/1600/depositphotos_465487706-stock-photo-beautiful-exotic-cactus-outdoors-blue.jpg

En los últimos años, el uso de extractos de cactus como coagulantes / floculantes se ha investigado ampliamente para tratar varios tipos de aguas residuales. Dentro de este marco, (Souza, y otros, 2014) demostraron que el jugo de cactus permitió casi el 64,8% de la eliminación de DQO y aproximadamente el 91,3% de la eliminación de la turbidez en el tratamiento de un efluente de lavandería de jeans. Asimismo, utilizando mucílago de cactus, estos académicos estudiaron la remoción de tinte de un efluente de malla de teñido de telas y obtuvieron una turbidez máxima 93.6% y una reducción de DQO del 87.2%. El mucílago de cactus se preparó disolviendo 1 g de polvo de cactus en diferentes soluciones salinas (NaCl, KCl, NaNO₃). Sorprendentemente, la extracción con NaCl mostró la actividad coagulante más prometedora y eliminó el 95% de la turbidez del agua turbia sintética. Sin embargo, con las soluciones de KCl y NaNO₃, la reducción de la turbidez fue, respectivamente, 91,2% y 93,6%.

Además, en un estudio relacionado con el tratamiento de efluentes textiles utilizando el jugo de

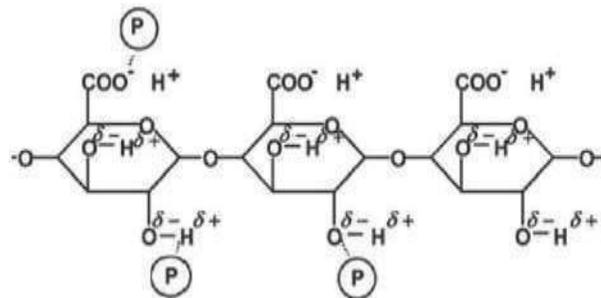


SC-CER96940

cactus como bio-floculante en combinación con alumbre, (Bouatay & Mhenni, 2014), encontraron tasas de remoción de 88.76%, 91.66% y 99.84%, respectivamente, para DQO, turbidez y el teñir.

Ilustración 9

Estructura química del cactus.



Fuente. [https://media.springernature.com/full/springer-static/image/art%3A10.1007%2F10098-020-01858-](https://media.springernature.com/full/springer-static/image/art%3A10.1007%2F10098-020-01858-3/MediaObjects/10098_2020_1858_Fig4_HTML.png?as=webp)

[3/MediaObjects/10098_2020_1858_Fig4_HTML.png?as=webp](https://media.springernature.com/full/springer-static/image/art%3A10.1007%2F10098-020-01858-3/MediaObjects/10098_2020_1858_Fig4_HTML.png?as=webp)

Conociendo un poco más las propiedades del cactus como coagulante y floculante, para tratar aguas residuales, producto de la revisión bibliográfica se coloca en conocimiento el estudio realizado en la ciudad de Agadir, ubicada en el suroeste de Marruecos y como se ha decidido solucionar la problemática ambiental generada por los lixiviados del relleno sanitario, que tiene una producción de RSU que supera las 800 toneladas / día.

La gestión y operación del vertedero técnico de Tamellast se inició en 2010 y los RSU que se reciben se caracterizan por registrar un contenido de materia orgánica del 70%, un alto nivel de humedad que supera 60% en peso y los lixiviados generados se almacena en estanques como muchos vertederos de RSU en Marruecos.



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



El principal problema ambiental encontrado en esos rellenos sanitarios resultó de la pérdida de lixiviados del sitio y la subsiguiente contaminación de la tierra y del agua superficial circundantes, así que, para reducir estos efectos nocivos sobre el medio ambiente, se han aplicado diferentes procesos de tratamientos individuales o combinados el caso de utilizar los procesos de coagulación-floculación.

(Nouj, Heddadi, Azougarh, & Hafid, 2021), basaron el trabajo en el uso de materiales naturales disponibles para tratar el lixiviado de RSU, combinando dos técnicas sencillas, la coagulación como tratamiento primario y la infiltración-percolación sobre arena como tratamiento secundario, empleando *el cactus Opuntiaficus-indica* como coagulante, demostrado la eficiencia de este vegetal en el tratamiento de aguas residuales de la industria.

El cactus *Opuntiaficus-indica* se preparó dos formas: mucílago y en polvo y se utilizó para tratar el lixiviado crudo, mientras que el suelo infiltrado utilizó arena titanífera caracterizada por SEM y EDX. Se realizaron pruebas de laboratorio sobre efluentes reales recogidos en el vertedero de Tamellast. Se determinaron los parámetros fisicoquímicos, incluyendo pH, temperatura, conductividad eléctrica y turbidez. Las muestras de lixiviados se analizaron antes y después del tratamiento mediante coagulación y filtración-percolación sobre arena. (Nouj, Heddadi, Azougarh, & Hafid, 2021); se recogieron muestras desde el estanque más antiguo y se realizaron las mediciones de los respectivos parámetros in situ además se preservaron muestras a 4°C grados para realizar ensayos de laboratorio.



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



5.4.1. Métodos analíticos

Para caracterizar el lixiviado o las aguas naturales antes y después del tratamiento se realizaron las determinaciones del pH, conductividad, turbidez, DQO y DBO₅. El pH y la conductividad eléctrica del lixiviado fueron monitorizados con un multiparámetro digital calibrado (Consort C864). Se utilizó TURB 430 IR para medir la turbidez. La DQO y la DBO₅ se midieron utilizando el método de refluo cerrado y el método de Winkler modificado de acuerdo con los procedimientos estándar definidos en el Manual de la Asociación Estadounidense de Salud Pública (APHA). Para la determinación de la DQO, la digestión de las muestras se realizó en un digestor de DQO (Tipo RD125). Se utilizó la incubadora de DBO₅ (Velp Científica, Italia) para medir la DBO₅ (Nouj, Heddadi, Azougarh, & Hafid, 2021).

5.4.2 Optimización de la dosis

A fin de establecer la dosis de cada coagulante, el efluente se ajustó al pH óptimo variando solo la dosis de los coagulantes. Se agregaron al lixiviado cinco dosis por cada coagulante: para el mucílago de cactus 20, 40, 80, 120 y 160 ml / L y para el polvo de cactus de 2, 4, 6, 8 y 10 g L⁻¹ (Nouj, Heddadi, Azougarh, & Hafid, 2021).

5.5 Eficiencia de floculación en la mezcla de (aloe vera y citrus reticulata)

Con relación a este tema (Terrones, 2019), realizó una investigación centrada en disminuir la



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



turbidez en las aguas grises que desembocan en el Río Chico, buscando evaluar el efecto de cada variable independiente en la variable dependiente. Las variables independientes que se tuvieron en cuenta, fueron:

- Aloe Vera (Sábila) - RV1
- Citrus Reticulata (Mandarina) – RV2
- Cantidad de recurso vegetal – CRu
- Tiempo de contacto – TC
- Velocidad de agitación – VA

El proyecto lleva una investigación de 3 meses sobre consideraciones de variables como la velocidad de agitación, la duración de la exposición y la cantidad de recursos de la planta que se utilizarán.

Los pobladores recorren las aguas del río Chico, tomando 80 litros de agua de cada muestra, la cual se requiere para su procesamiento mediante el uso de equipos de prueba de utensilios y los análisis químicos correspondientes. (Galvin, 2003) indicó:

Jar-test una norma de USA publicada en 1981, establece procedimientos con la evaluación del agua, para reducir sólidos y otras materias orgánicas suspendidas en el agua, reduciendo el color, turbidez y dureza del agua bruta investigada. (Galvin, 2003).

Después de realizar pruebas que concluyeron que la eliminación de la turbidez era beneficiosa,



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



se obtuvo una dosis óptima de agente de floculación que se agregaría al agua. El volumen tanto de sábila como de retículo cítrico fue de 0,50 ml, logrando concentraciones de 10% y 3% con velocidades de agitación de 100 rpm y un tiempo de 30 minutos, reduciendo la turbidez en un 70%.

En conclusión, comparando la eficiencia de cada uno de los vegetales naturales de Aloe Vera, Citrus Reticulata y la mezcla, se tiene los siguientes valores de remoción de turbidez 25.83, 99.43 y 33.96 NTU respectivamente, encontrando la mayor eficiencia en el floculante Aloe Vera seguido por la mezcla de ambos vegetales y finalmente el Citrus Reticulata (Terrones, 2019).

5.6 Valoración de la dosis de maíz en el proceso de floculación

Es un carbohidrato importante obtenido mediante el maíz, a nivel mundial es uno de los cultivos más producido y siendo un agente coagulante que actúa removiendo el color y turbidez de las aguas residuales.

(Palacios, 2016), se investigaron diferentes dosis y concentraciones de maíz, dando como resultado una buena eficiencia en la eliminación de turbidez y color en la floculación de muestras de agua. El estudio tuvo lugar, primero, una etapa en el suelo está relacionada con las ganancias naturales para su uso en el tratamiento, comprando materias primas, el maíz es producido en escuela de mercado. Ciudad Huaraz, este material se extrae por almidón con métodos recomendados y el uso de métodos de cuarentena (caliente), que se produce naturalmente; la segunda etapa involucrada para identificar el área de muestreo (Casca del río), en el área del Condado Independiente, su muestreo y sus propiedades



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



físicas y la microbiología correspondiente de la superficie. Para la etapa número tres, se realizan procedimientos de laboratorio, evaluando una muestra de agua del río Casca, y para la etapa cuatro se da un análisis y resultado de los datos.

Cuando se ha realizado la búsqueda, se ha demostrado que el almidón de maíz tiene un buen activo como un coagulante, se agita hasta el 75%, pero los colores no tienen cambios significativos, la concentración de maíz es de 26 miligramos sobre litro y 10000 ppm, Después de los procesos de simulación en macetas para coagulación y floculación, el tiempo estimado de laboratorio se encuentra a los 26 minutos y 31 minutos.

S-1 Cassia obtusifolia.

Esta planta Cassia obtusifolia corresponde a la familia de las Fabaceae, la cual es distinguida como hierba mala, esencialmente originaria en la mayoría del continente de América, pero igualmente también tiene presencia en los otros continentes. Los informes relacionados con esta planta, los tejidos que más se utilizan por lo general son las semillas que se secan previamente tal como se puede observar en la (ilustración 13), estas semillas se han venido estudiando con el objeto de que sean útiles para tratar aguas residuales, las cuales presentan una gran contaminación de sólidos y demanda de oxígeno con lo cual se obtiene incluso hasta un 86,9% y 36,2%, proporcionalmente (Subramonian, 2014).



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Ilustración 10.

Planta de Cassia obtusifolia y vainas de semillas

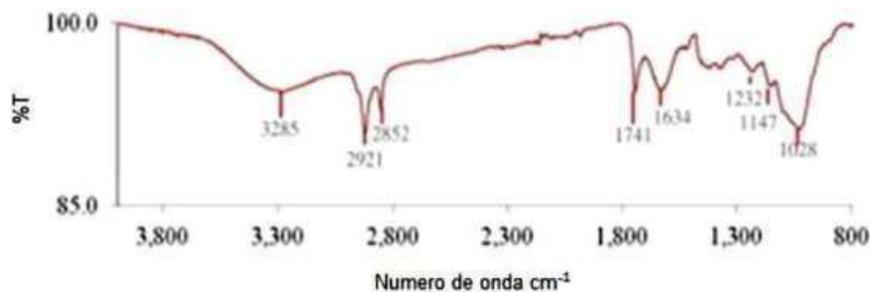


Fuente: Subramonian et al., 2014

En estudios científicos realizados orientados a caracterizar los agentes coagulantes y floculantes, se ha podido observar que utilizan la espectroscopia infrarroja como una técnica transformada de Fourier (FTIR), con el fin de despejar los grupos de muestras, usando agua destilada tal como se ve en la imagen siguiente:

Ilustración 11.

Espectro infrarrojo flóculos formados con C.obtusifolia



Fuente: Structural elucidation, modification and characterization of seed gum from Cassia javahikai seeds: a non-traditional source of industrial gums. 2009



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Con base al espectro que se genera por las semillas, se dedujo que hay presencia de biopolímeros (Singh, Srivastava, & Tiwari, 2009).

(Ilustración. 14): una ancha banda en la región que presenta una medida de 3285 cm¹, al igual que tiras en las zonas 2921 y 2852 centímetros - 1. Desde el inicio de los estudios se llegó a la conclusión de que contienen dos grupos que son proteínas y ácidos grasos. (Singh, Srivastava, & Tiwari, 2009).

Por otro lado, la representación de conjuntos de metales o hidroxilo en el mucílago de la semilla de *C. falusifolia* ha contribuido a la instilación y comprensión de su capacidad de absorción (Singh, Srivastava y Tiwari, 2009). En varios estudios experimentales, sugirieron el uso de chicle de las semillas de *C. falusifolia* sin mostrar ningún cambio químico, porque es un polímero no iónico de origen natural, que conduce a fuertes reacciones de coagulación y floculación a pH 4 (Yongabi, 2010). Cabe señalar que este es un coagulante natural y debido a esta característica, para una óptima coagulación de los contaminantes en suspensión, se requiere un valor de pH bajo, ya que se requiere un valor de pH bajo en un medio ácido, para una superficie positiva actúan polímeros naturales que permite que las partículas interactúen con el coloide cargado negativamente (Perng, 2014). Para demostrar la actividad de coagulación de *C. falusifolia*, se utilizó una dosis de 0,75 gramos sobre litro de coagulante para obtener una buena DQO en aguas. Los resultados presentaron los siguientes valores: 841 mg / L, y 1453mg / L, respectivamente.

Por lo tanto, basado en la dosis óptima de 0,75 g / l de análisis de semillas *C. obtusifolia*, el índice de coagulación puede llegar hasta 86,9% de sólidos en suspensión y 35.9 % DQO. Según los resultados la investigación.



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Un buen escarificador natural y coagulante son las proteínas contenidas por las semillas, Además, las partículas de coagulación que se producen en los órganos activos de *C. falusifolia* junto con las que producen la suciedad coloidal en el agua, resultan de una combinación de varios mecanismos, como la adhesión e interrupción de la carga, la floculación del coagulante, la adsorción y la Inter partícula. según el coagulante. Por tanto, se establece una muestra optima con el objetivo de prevenir el SST y la DQO. (U, 2021) Además, la membrana mucosa de las semillas contiene componentes no iónicos, que actúan mediante el mecanismo de coagulación entre partículas resultante (adsorción electrostática) en solución ácida (Kursun, 2010). Al mismo tiempo, se puede dilucidar el mecanismo, cuando las partículas poliméricas de la semilla penetran en los lugares en la zona superficial de las partículas coloides que producen contaminación, este se conoce como desestabilización de partículas, que consiste en la formación de complejos de partículas poliméricas incrustadas en partículas coloidales (Singh et al., 2009). Esta eliminación de DQO y TSS cuando se trata el extracto de *C. falusifolia* puede deberse al efecto sinérgico que se produce entre los componentes solventes y el enlace de hidrógeno.

Logrando la eliminación de DQO y SS, se encuentra importante estudiar las finalidades aglomerantes de la muestra de agua, las muestras coagulantes, el pH, lo que se tarde de fraguado, la temperatura y la velocidad en que es agita. Se utiliza la *Cassia phalosifolia* como coagulante natural, para tratar aguas agrícolas industriales contaminadas con aceite de palma, y sobre esta base sugieren la utilización de una concentración de contaminantes de aguas, para lograr eliminar con éxito SS y DQO (Sanghi, Bhattacharya, Dixit, Singh, & Environ., 2006). (U, 2021)



SC-CER96940





ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



5.7 Plantago mayor Lemple

Planta que se desarrolla en zonas húmedas y con presencia en múltiples países (Webb, Sykes, & Garnock-Jones, 1988). de *P. mayor* este es principalmente utiliza en estudios de coagulación y floculación, estas semillas son llevadas al proceso de secado y luego se descompone, y cuando se mezcla con agua destilada y 0,9% de cloruro de sodio utilizado para la extracción del coagulante (Beltrán, Sánchez, Delgado, Jurado, 2009), estos investigadores sugieren que los principales componentes de las moléculas del ingrediente activo P Los mayores son un polisacárido que exhibe propiedades adhesivas, y participan en la coagulación.

Ilustración 12

Semillas de Planta de Plantago mayor



Fuente: plantasyhongos. Disponible en: https://www.plantasyhongos.es/herbarium/htm/Plantago_majorm.htm. 2009

Con el objeto de lograr resultados concretos al utilizar esta planta como coagulante, fue evaluada con prototipos añadiendo colorantes rojos al agua. (Sarwan, Pare, Acharya, & Jonnalagadda,



SC-CER96940



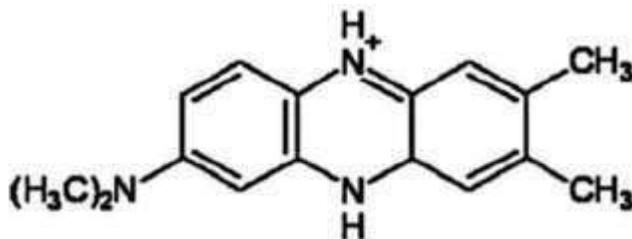
ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



2012).

Ilustración 13.

Rojo neutro, estructura química.



Fuente: (Sarwan et al., 2012).

Con base en los efectos obtenidos, teniendo en cuenta los extremos de 297,6 mg / ly a pH 6,5, se puede conseguir una disminución del 92% en la exclusión de color y del 82% DQO. Por otro lado, la decoloración depende en gran medida de su pH y de la cantidad de coagulante, el pH no tiene absolutamente ningún efecto sobre la eficacia del coagulante natural (Mishra & Bajpai, 2005). La eficiencia de eliminación se logra a través de moléculas de colorante catiónico, y uno de los mecanismos más valiosos en la coagulación es la neutralización de carga del colorante cuando se llenan con un pH positivo, conduce a la coagulación.

El coloide surge de reacciones químicas que ocurren entre las moléculas de tinte y las moléculas del coagulante principal, P. Luego se establece la coagulación con la formación de grumos, los cuales comienzan a crecer debido a los componentes electrostáticos y la afinidad de adsorción del puente H ya que este es un polisacárido, presenta grandes cadenas las cuales se desintegran y forman estructuradas.



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



(Beltrán Heredia et al., 2009).

Varios estudios han demuestran una coagulación eficiente y se necesita una estructura del contaminante (pigmento rojo neutro) sea alta en partículas. Esta razón, la cabida coagulante para prevenir la decoloración cuando se usa extracto de semilla de *P. mayor* es relativamente alta. Además del uso de otros tintes aniónicos, como el azul de metileno, porque es estructuralmente similar al rojo neutro, pero tiene una base diferente. Sin embargo, la eficacia del coagulante no parece verse afectada por el pH. Utilice P. Arriba, no se encontró que diferentes colores como el azul malaquita y el rojo básico fueran efectivos debido a su estructura no lineal. Al presentar los resultados anteriores, algunos estudios recomiendan tener un proceso de coagulación ideal con este tipo, se debe hacer una distinción entre moléculas lineales versus no lineales (Beltrán Heredia et al. (2009)).

5.8 Escamas de pescado

Los residuos generados por las escamas de pescado presentan una abundante fuente de material. Es debido a esta situación que estos elementos biológicos se convierten en un elemento de interés para ser estudiado. Además, hay que destacar que existe literatura, en la cual presentan reportes relacionados con la utilización de las escamas de pescado que pueden ser empleados como coagulantes para tratar aguas residuales (Hood & Zall, 1990). Asimismo, se puede establecer a través de investigaciones realizadas, que las escamas de pescado están compuestas por proteínas.

Por otra parte, a través del test de jarras se identifica la acción coagulante y floculante realizada



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



por las proteínas para la eliminación de color y los químicos pesados que existen en las aguas residuales. Las muestras de coagulantes gestionadas reportan una variabilidad entre 1 a 5 g con un pH en un rango entre 5 y 8, con el objeto de determinar la eficiencia del coagulante. Puesto que originalmente la DQO que tiene presencia en las aguas residuales presenta un resultado de 4700 ppm y la agrupación de color fue de 2,120 m-1.

De acuerdo con los impactos que las encuestas generan 5,0 g / ml de 5,0 pH, la concentración de 0.01 ppm de iones de cadmio ha obtenido, siempre que se haya descrito el ion cromado excedente. Concentración de 0.39 ppm. Esta es la razón por la cual la dosis baja del agente de invierno obtenida del tamaño de peces generado por pH 5.0 implementa efectivamente una acuarela industrial de hasta el 90% y disminuye en el 98% de DQO. De manera similar, con muestras congeladas equivalentes, la proporción eliminó completamente los metales pesados obtenidos. Además, la exclusión de los contaminantes de las aguas residuales, utilizando la proteína de la escala de peces, neutralizan el mecanismo de coagulación, en el punto de tiempo de las sustancias congeladas eléctricas en las partículas de agua. En el agua, significa que la coagulación y las partículas contaminantes están más cerca, reconociendo la idoneidad de los autos grandes. (Sharma, Dhuldhoya, & Merchant).

5.9 Acacia mearnsii

La acacia mirensis, comúnmente conocida como (acacia negra) es un tipo de leguminosa originaria de Australia (Fig. 20). Es la especie más penetrante y de gran toxicidad a nivel mundial. Esta planta está presente en muchos países como fuente de taninos, que comúnmente se utilizan en el



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



procedimiento de curtido. Diversos estudios científicos utilizaron la síntesis de coagulantes a base de taninos modificados por fenómenos catiónicos, y la continuación de la reacción de Maniche utilizando los taninos de esta planta como base orgánica. (Beltrán et al., 2011). (U, 2021)

En varias investigaciones experimentales, utilizaron Tanfloc como medio coagulante en el proceso de limpieza del agua residual de tanques, que presentan signos de contaminación con tintes, entre los que destacan el tinte violeta alizarina, antraquinona y otros tintes. Contenido y demanda de oxígeno biológico (Zollinger, 2007). Con base en las propiedades anteriores, estas conducen a una alta toxicidad en las aguas residuales industriales que contienen este colorante (Cabaço, Machás, Vieira, Santos y Wastewater, 2008).

En un estudio de (Gutiérrez, Ferrer, García y Uggetti, 2015), los autores realizaron un estudio basado en el uso de biomasa de microalgas verdes (*Monoraphidium Scenedesmus*, *Stigeoclorium*, *nitschia diatomeas*, *Navivcula* y *Amphora*). Durante más de un año, en algunas pruebas en viales, a dosis de 11 mg / L de Ecotan y 49 mg / L de tanfloc, utilizadas para reducir la turbidez inicial, hubo eficiencias de hasta 95,5% y 86,5%, respectivamente, se derivaron ecotan y tanfloc. de especies naturales, no. No tiene ningún cambio en el pH ya que varía en el rango de pH de 4,4 a 8,1. (U, 2021)

Es por ello que los coagulantes son aptos para aplicaciones en el estudio de tratamiento de aguas residuales, por esto se propone ofrecer productos a base mineral con aluminio y cloruro férrico.

En otro estudio piloto realizado por (Fritas et al., 2015), los autores extrajeron, a partir de



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



modificaciones químicas, taninos de acacia para su descontaminación en estudios con muestras de aguas superficiales. de los ríos, están contaminados artificialmente con Oocystis en diferentes concentraciones (Dupas, et al., 2015). Se tienen en cuenta varias cantidades físicas y químicas para una buena actividad coagulante que se determinó mediante un estudio de C1, una combinación de algas y el pH inicial. Sobre la base de una serie de experimentos realizados por los autores, se encontró que el efecto de eliminación tiende a aumentar al aumentar la dosis de Acquapol C1.

Sin embargo, existen estudios de autores como (Gu & Zhu, 1992) que indican que el solvente se utiliza para la coagulación y floculación, a través de dos etapas: (1) filtración y fraccionamiento de iones. moléculas de tensoactivo y (2) esto finalmente conduce a una mayor adsorción.

Al demostrar el efecto de los taninos tanfluke de Acacia mirny en la prevención de colorantes, se utilizaron ejemplares de agua con colores azoicos asimétricos con concentraciones de 100 mg (U, 2021) Según los informes encontrados, el color violeta (antraquinonicos) tiene una gran aproximación con los taninos transformados como son Silvafloc (Beltrán, Sánchez, Delgado, & Jurado, (2009).

Otros taninos son agentes que muestran coagulante para tratar aguas superficiales y aguas residuales de origen industrial (Sánchez, González, Beltrán, & de, 2009). Un número considerable de parámetros fisicoquímicos dentro de las que se destaca la temperatura y la cantidad de amina, las cuales se hace necesario tener en cuenta.

Las temperaturas óptimas se presentaban en un valor de 30 °C en ambos casos. No obstante, la



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



suma de amina tuvo una influencia significativa para la obtención de una coagulación eficaz en lo que respecta al proceso de aguas. (Beltrán et al., 2010). (U, 2021)

5.10 Semilla de Nirmali

La semilla de nirmali de origen hindú, producidas por el árbol nirmali. Son mayormente conocidas por ser agentes coagulantes naturales, ayudando a reducir la turbidez y color del agua residual.

Semillas de Nirmali y su proceso de coagulación asociado aún no se han estudiado, presencia de abundante cantidad de grupos $-OH$ a lo largo de las cadenas de galactomanano y galactano proporciona una adsorción débil pero abundante que eventualmente conduce al efecto.

Según estudios anteriores, el extracto microbiano de Nirmali contiene carbohidratos, lípidos y alcaloides que tienen grupos $-COOH$ y $-OH$ que mejoran su potencial coagulante. Los extractos de partículas de polisacárido de la semilla de Nirmali contenían galactomanano y galactano, que es competente en la eliminación de la turbidez hasta el 80% de la solución de caolín.



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Ilustración 14

Semilla de nirmali (coagulantes)



Fuente: Disponible en: <https://spanish.alibaba.com/g/nirmali-seeds.html>

Por más de cuatro mil años se han usado polímeros naturales en distintos continentes eficaces en la eliminación de distintos contaminantes en aguas que poseen alta turbidez, la población nativa de África, India y China se ha visto beneficiada al utilizar la semilla del árbol de nirmali, quien actúa como un coagulante para aguas con materiales orgánicos y grandes cantidades de turbidez. (*Strychnos potatorum*). (M, Hossain, 2011).

En estudios recientes la semilla de el árbol de nirmali, se ha puesto a prueba en pocos ensayos, pero ha dado un resultado positivo como desinfectante y aclarantes en aguas residuales, sus diferentes componentes proteínicos, dan una reducción de turbidez y flocos en aguas residuales. (Ramírez, 2011).

5.11 Cicer arietinum

La *Cicer arietinum* es una de las plantas más beneficiosas para aguas residuales que ayudan a la producción de uno de los mejores coagulantes naturales para aguas residuales pues el garbanzo, ayuda



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



eliminar la turbidez y la contaminación en las aguas.

Ilustración 15

Cicer Arietunum



Fuente: Disponible en: <https://es.dreamstime.com/>

Las semillas de cicer aretino se retiraron de la cáscara y las semillas se trituraron hasta obtener un polvo fino y se tamizaron para obtener partículas del tamaño de 600 μm .

En el caso de *Cicer arietinum* la reducción máxima de la turbidez fue del 81,20% y la reducción máxima de la DQO fue del 90%, respectivamente. Los coagulantes estudiados en el tratamiento de aguas residuales eliminaron la turbidez a un 82 %.



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Ilustración 16

Prueba semilla cicer arietinum, molida para coagulación.



Fuente: <https://es.dreamstime.com/>

Estudio de coagulación

Estudios de coagulación el experimento de la jarra es el más eficaz y utilizado para la coagulación y floculación. Un aparato de prueba de jarras convencional se utilizó en los experimentos para coagular una muestra de aguas residuales de tenería utilizando coagulantes naturales.

Se colocaron 500 ml de muestras de agua en 6 vasos de precipitados de un litro y se colocaron debajo del aparato de prueba de los vasos. La dosis requerida de polvo de Cicer aretinum es decir, 0,05, 0,1, 0,2, 0,3, 0,4, 0,5 g / 500 ml. S.

Inicialmente, la concentración de DQO se varía a razón de 2000 mg / L. La máxima reducción



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



de la turbidez se encuentra en 8.000 mg / L de 77,95%. Además, los experimentos se llevaron a cabo entre 6.000 mg / L y 10.000 mg / L por cada 500 mg / L de concentración de DQO. Entonces, la reducción máxima de turbidez obtenida es del 81,20% a 8.500 mg / L de concentración de DQO.

Cicer aretinum en el tratamiento de agua sintética e informó que Cicer aretinum es más eficaz en la reducción de la turbidez hasta al 95,89%.

5.12 Semillas de tamarindo

Esta semilla se obtiene de un árbol llamado tamarindus, India es productor de esta semilla que contiene innumerables propiedades antibacterianas y coagulantes reductores de la turbidez de aguas.

Las semillas de Tamarindo han sido estudiadas y puestas en ensayos, como una alternativa para lograr la reducción diferentes grados de turbidez en aguas residuales (Effendi, Hidayah, Hariyadi, 2017).

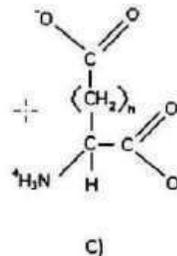
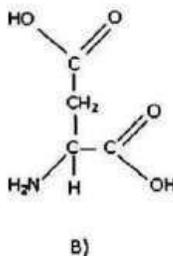
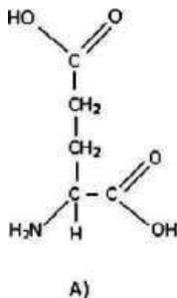
Esta es una verdura de la familia de las leguminosas y subfamilia de las casias, que vienen de árboles tropicales muy antiguos. Esta semilla es muy útil y aprobada como coagulante por sus aminoácidos y proteínas de carácter solubles en agua (Francis, Lowe, 2000).

Ilustración 17



SC-CER96940

Estructura de las diferentes proteínas pertenecientes a la semilla de tamarindo



Fuente: (Sanchez,2012)

Las semillas de tamarindo al ser ensayadas en aguas residuales dieron como prueba la reducción de turbidez del agua en un 78% en condiciones de PH óptimas. (PhaniMadhavi Rajkumar, 2013).

Ilustración 18

Semilla Tamarindo



Fuente (Sanchez,2012)

Prueba de coagulación

Las semillas se secaron al sol durante aproximadamente 12 horas. Los frijoles secos se trituraron con una licuadora o mortero hasta que se convirtieron en polvo y se tamizaron hasta un tamaño de malla



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



80. (Sánchez, Martín J, 2012).

El polvo que se ha triturado y luego se disuelve en una solución de n-hexano para eliminar el contenido de grasa en una proporción de 1: 5 (p / v), se remoja durante seis horas, se agita con un agitador magnético de 150 rpm durante 10 min y es dejado por 8 horas y luego se procede a colar y secar el polvo a temperatura ambiente. El polvo de tamarindo de Java sin grasa (3 gramos) se añadió luego con 100 ml de una solución de NaCl 1,5 M para extraer la proteína del tamarindo de Java de acuerdo con el procedimiento realizado. El filtrado resultante se utilizó como extracto biocoagulante de semillas de tamarindo. (Riantini y Farahiyah, 2014).

El experimento de coagulación y floculación es realizado mediante el método de la jarra. La mezcla instantánea se realizó con un factor G de 390 segundos¹ durante 1 minuto, seguido de una mezcla lenta durante 15 minutos con factor G 50 segundos¹, y sedimentación a temperatura ambiente durante 30-60 minutos. La eliminación de sólidos en suspensión y el color se seleccionaron como variable dependiente. (Riantini y Farahiyah, 2014).

5.13 Vitis vinifera

La vitis vinifera es una fruta, considerada coagulante natural perteneciente a la familia de las Vitaceas, se localizan en diferentes partes del mundo, pero preferiblemente están en países de climas templados, donde su producción es fácil, estas semillas tienen alto contenido de polifenoles, se han



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



adjuntado diferentes estudios investigativos que demuestran la eficacia de la semilla vitis vinifera como coagulante y floculante. (Jeon, al, 2009) (U, 2021)

El extracto etánolico de la vitis vinifera, se utiliza como suministro de flavoides y taninos que ayudan a reducir los diferentes contaminantes y colorantes, que se encuentran presentes en las aguas residuales. (Toledo y Y, 2004)

Ilustración 19

Vitis vinifera



Fuente: <https://antropocene.it/es/2018/09/02/vitis-vinifera/>

La semilla de vitis vinifera, con una gran cantidad de polifenoles naturales tales como tanino y catequino, utilizados para reducción de residuos en aguas contaminadas, con porciones de 1.5 gr/L mostró una gran cantidad de coagulación y decoloración de turbidez en aguas residuales, además de reducir una cantidad considerable de flóculos, demostrando que el extracto etanolico de las semillas de uva, induce como un coagulantes y floculante de forma naturales en las aguas residuales. (Toledo y Y, 2004)



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Los polímeros orgánicos son atraídos por moléculas contaminantes, durante la floculación, puentes de H a coagulantes, con polímero de un bastante elevado peso molecular efectivas en la limpieza de contaminantes, para diversos procesos realizados como floculación o coagulación, se prefieren polímeros de alto peso, estos polímeros inducen aceleración y cizallamiento en grumos fuertes, el porcentaje indicado por vitis vinifeira es una disminución significativa de grumos y turbidez en las aguas residuales en comparación con otros coagulantes. (Bolto, B,2007).



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



6. Discusión de resultados

Con el análisis bibliográfico, se debe tener en cuenta que, en la investigación científica, varios tipos de observaciones relacionadas con los coagulantes y floculantes derivados de los recursos naturales, como un reemplazo de usar sustancias agregadas en las actividades de tratamiento de agua, porque luego se ven afectados por el medio ambiente. Por lo tanto, encontrar coagulantes y floculantes con la participación mínima o ninguna participación para el medio ambiente se considera importante, así que, verificando la bibliografía y temas, teniendo en cuenta las semillas como una parte importante de las plantas, se han extraído los agentes de coagulación activos, debido al contenido de polisacáridos de alto peso molecular y tienen compuestos de proteínas utilizados para ajustar las aguas residuales para ver la contaminación con tintes de contaminación, concentraciones, alta turbidez, productos químicos, química de oxígeno de las necesidades e iones pesados, hay una serie de estudios que han demostrado la capacidad de presentarse con agentes coagulantes y floculantes extraídos de fuentes naturales que registran el porcentaje de eliminar contaminantes hasta más del 90%.

Además, los resultados de los estudios que se han venido realizando, destacan la importancia que tienen las fuentes naturales que se han venido empleando como coagulantes para la remediación de aguas en vertimientos y residuales. No obstante que, a diferencia de los inorgánicos, para realizar de forma eficaz en la actividad coagulante se hace necesario poseer algunos parámetros fisicoquímicos dentro de los que se destacan agentes coagulantes, los cuales no presentan una mayor afectación al medioambiente como si lo hacen los coagulantes inorgánicos. (U, 2021)



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



En la Tabla 5 se muestra la actividad coagulante y floculante de distintas especies vegetales en el tratamiento de aguas residuales. (U, 2021)

Tabla 6 Actividad de coagulantes y floculantes

ESPECIE VEGETAL/ANIMAL	PARTES UTILES	COAGULANTE	pH	DOSIS	FACTORES REMOVIDOS	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS
Moringa oleifera.	Semillas	Proteína	6-8	10-15 ml L ⁻¹	Turbidez, material orgánico	Nhut, HT, Hung, NTQ, 2020)
Chitosano.	Escamas	Desechos exoesqueletos.	6-9	100 mg/L	Color, turbidez y contaminantes recalcitrantes	LichtfouseE. y col., 2019)
Cactus.	Mucilago	Proteína	10-8.8	10-15 ml / 70ml mucíla go/lixiv iado	Turbidez, conductividad	(Nouj, N., Heddadi, 2021)
Sevilla Nirmali	Semillas	Proteína	6-8	10-15 ml	Turbidez y contaminantes	(Theodoro, r, 2013)
Cicer arietinum	Semillas	Proteína	5-8	10	Turbidez, material	



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



				0 ml	organico	
Se milla tamarindo	Semillas	Proteína	5-8	100 ml	Turbidez, material organico	(PhaniM adhavi Rajkum ar, 2013
Viti s Vinifeira	Semillas	Polifenoles	6-8	5 g L	Turbidez y foculos	(Durov, 2003)

Fuente: Elaboración propia a las investigaciones citadas

En la tabla anterior se puede evidenciar y comparar algunas propiedades de los productos seleccionados para este estudio investigativo. Se puede resaltar los grandes beneficios que la Moringa Oleífera, cumple a la hora de mejorar la turbidez y poder eliminar los diversos materiales orgánicos que un lixiviado contiene.

Si se observa el quitosano, posee tan solo un litro de residuos, pero las soluciones que proporciona, de color, turbidez y contaminantes son muy importantes. El mucilago, producto extraído de los cactus, proporciona cambios en turbidez y conductividad representativa en las muestras de residuos.

Al observar la tabla se evidencia que sí es posible contribuir con el medio ambiente al remover



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



contaminantes con coagulantes naturales y que los coagulantes sintéticos o químicos; en un futuro serán historia.

Por otra parte, se realizó una revisión bibliográfica de otras fuentes naturales utilizadas como coagulantes, como lo es el aloe vera y la cascara de naranja, cuya actividad coagulante se encuentra ligada a la pectina (Hernández, Moreno, Hernández, & Crespo, 2017). Esto tiene que ver con su capacidad como agente gelificante natural, lo que lo hace soluble en agua e ideal para su uso como coagulante de aguas residuales. (Perazzo, Goulart, Figueiredo, Oliveira, & Silva, 2015).

Obteniendo datos del extracto de sábila y sus diferentes dosis actúa como coagulante para los tratamientos. (Diestra & Ramos, 2019). En los que se evidenció una remoción de turbidez del 81% hasta un 89% con tiempo de floculantes de veinticinco minutos, obteniendo tiempos óptimos.

El primero también se relaciona con lo sugerido (Munavalli, 2017), que al realizar diversas pruebas es posible remover 76% y 81.5% en agua turbia, posiblemente por lo ya mencionado (Morales, 2018). Dado que el extracto de aloe vera proporciona buenos datos para eliminar la turbidez, se encontró que, si el extracto estuviera más concentrado, se eliminaría el 91% o más.

En lo que respecta a la cascara de naranja el porcentaje de remoción máxima con el extracto de naranja ha sido de 69%, que en comparación con lo reportado por (Ticona, 2018), cuando se realizó un experimento de extracción de base salina, se logró reducir un 82%, siendo un beneficio para realizar tratamientos en aguas residuales o lixiviados, ya que la cascara en etapa madura se utiliza como



SC-CER96940





ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



coagulante.

No obstante en lo que respecta a la mezcla de Aloe Vera y Citrus Reticulata se ha podido establecer que existe una gran eficiencia de la floculación a través de esta mezcla para disminuir la turbidez en vertimientos de aguas grises, lixiviados y que comparando la eficiencia de cada uno de los vegetales naturales de Aloe Vera, Citrus Reticulata y la mezcla, se ha, encontrando la mayor eficiencia en el floculante Aloe Vera seguido por la mezcla de ambos vegetales y finalmente el Citrus Reticulata.

Por otro lado, al analizar la actividad de coagulación del extracto de maíz para reducir la turbidez de las aguas residuales y grises, el almidón tiene una buena capacidad para actuar como agente coagulante de floculación de forma natural, y su eliminación se logró en un 91%. Turbidez de aguas residuales y residuales.

Con base en los datos obtenidos sobre los procesos más eficientes para el maíz en cuanto a remoción de turbidez y dosis óptima de coagulante, coincide con los datos reportados (Jiménez & Piscal, 2015), quienes tienen una tasa de remoción del 86.77%, lo cual es un buen catalizador.

Promover la eliminación de la turbidez de las aguas grises. Por su parte, (Aguirre, Piraneque, & Cruz, 2018) lograron eliminar el 68% y (Sotheeswaran, Nand, Matakite, & Kanayathu, 2014) lograron una eficiencia del 19%; Muestra buenos resultados como coagulante activo. (Bionatura, 2021)

En lo concerniente a la Cassia obtusifolia, se pudo establecer que las proteínas que se extraen de las semillas, suministran una actividad eficiente de coagulación con la solución de NaCl a 0,5 M, a



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



través de la eliminación de turbidez en un rango de hasta el 99%.

Para el Plantago Mayor, de acuerdo con las observaciones realizadas, la efectividad en la función del mecanismo de coagulación es la adsorción y neutralización de las cargas de las moléculas, cuando están cargadas positivamente frente a un pH superior, lo que conduce a su inestabilidad y a la formación de los siguientes bloques. (U, 2021)

El uso de proteína de escamas de pescado muestra beneficios en la eliminación coagulación de carga neutra, para descartar los contaminantes del agua de los tejidos mientras esta coagulación neutraliza la carga.

Partículas coloidales en agua, permitiendo que las partículas se coagulen y contaminantes estén cerca unas de otras, lo que permite la alineación de grandes flóculos, obteniendo una eficiencia del 77% para mucilago de Llantén.

El aporte que dan las diferentes fuentes naturales y vegetales, como coagulantes y floculantes ayudan en el proceso de mejoramiento de aguas residuales, enfocado en soluciones con fines de potabilización. Además, su grado de toxicidad es bajo, su pH varió poco, presenta un rango de dosis efectiva más grande para conseguir la floculación de varias suspensiones coloidales y una menor cantidad de los mismos. (Bionatura, 2021)

El efluente de las aguas residuales de las curtidurías se trató con polvo de semilla *Cicer aretinum* con la dosis óptima de 0.1gm / 500ml a pH óptimo = 5.5 para la reducción de turbidez y DQO. Se lleva



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



a cabo la variación de la DQO a cada concentración de 2.000 mg / l, respectivamente para Turbidez y DQO.

Los resultados del examen de biocoagulante del extracto de semillas de tamarindo mostraron que la proteína tenía un grupo funcional de polielectrolitos NH (amida), OH (alcohol) y C = C (alqueno). El grupo activo más grande de polielectrolitos en los biocoagulantes es el grupo hidroxilo. La presencia de amidas e hidroxilo alterará la estabilidad coloidal de las aguas residuales de batik y formará un gran flóculo para que pueda sedimentarse. La mayor reducción de SS se produjo con una dosis de 10 ml / L, que fue de 95,1% de eliminación, mientras que la mayor eliminación de color se produjo con una dosis de 50 ml / L, que fue de 87,8%.

Se considera que las semillas de tamarindo y nirmali, son grandes coagulantes naturales, que ayudan a realizar la disminución de la turbidez del agua y reducir la contaminación de materiales orgánicos, teniendo una efectividad del 75% al 82 % siendo coagulantes, que siguen en estudio ya que se pueden aumentar las dosis y lograr un mejor rendimiento de estos en las aguas residuales.

Por último, se puede decir que las semillas de vinis vinifeira se han utilizado en estudios como coagulantes, ayudando a la reducción de turbidez y contaminantes en agua residuales, industriales y textiles, reduciendo un 85% de la turbidez y colorantes que se presentan en el agua, pero también tiene un gran poder en la eliminación de flóculos en el agua, logrando así ser una de las pocas semillas naturales, que puede ayudar a realizar la coagulación y floculación natural en agua residuales, reduciendo contaminantes, textiles, material orgánico, entre otros.



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



7. Conclusiones

Los aportes generados por la revisión bibliográfica son enormes, es posible establecer que la contaminación de los vertederos y las aguas con grandes cantidades de residuos generados, creando efectos ambientales más graves debido a los sólidos de gestión de residuos. Qué tan suficiente es la contaminación del agua superficial, generalmente es un suministro de agua potable, Por lo tanto, se genera pérdida de recursos hídricos, las personas la consumen para diferentes propósitos, destruyendo y contaminando diferentes tipos de animales y flora conduciendo a la destrucción de paisajes y logrando una afectación ambiental.

Por otro lado, se dio la solución que se estaba buscando a este problema, en el que se desarrollaron diferentes tratamientos con el fin de reducir la contaminación en aguas residuales, se ha establecido una tarea compleja que no hay existencia, por lo que no hay un sistema de tratamiento exclusivo para el lixiviado, buscando soluciones en procesos y tratamientos combinados; dado que el tratamiento biológico, la precipitación química, la adsorción con carbón activado, la deposición, la flotación y el filtrado (tratamiento general), incluso tratamientos específicos, como la oxidación química, reduciendo los productos químicos, el intercambio de iones, la membrana, la extracción y la oxidación. Estos últimos con afectación de la salud y ambiente.

Es por lo expuesto, que se consideró realizar una revisión de los métodos de coagulación floculación naturales que utilizan materiales orgánicos con el fin de poder establecer las ventajas que



SC-CER96940





ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE

¡Seguimos avanzando!



estos representan, puesto que muchas de las investigaciones que se han venido realizando con relación a este tipo Coagulantes-Floculantes, son considerados una fuente que presenta un gran potencial alternativo, por sus características biodegradables, además de no generar afectaciones al medio ambiente, en relación a lo que sucede con los coagulantes inorgánicos y polímeros de tipo sintético, ya que al ser de origen natural presentan una variedad de agentes utilizados para la coagulación como proteínas y carbohidratos.

También se considera de importancia destacar que de las especies naturales que se han investigado, la que presenta gran índice de importancia son las semillas de Moringa oleífera, puesto que estas presentan componentes activos, como proteínas, al mismo tiempo de tener gran cavidad anti microbiana, que representa una alternativa importante de biorremediación en el saneamiento de aguas grises o superficiales.

Además, las semillas de Moringa tienen propiedades antibacterianas, con capacidad para eliminar la contaminación, dicho por un estudio de laboratorio se puede comprobar la actividad presente en diferentes partes de la planta, relacionada con los microorganismos causantes de enfermedades.

Con las diferentes pruebas de investigaciones, los autores pudieron demostrar que la actividad anti microbiana de los extractos de semillas de moringa, pueden lograr flocular diferentes tipos de bacterias, tanto positivas como negativas.



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Otro tipo de tipo coagulante-floculante que merece importancia según las investigaciones que se han realizado es la *Cassia obtusifolia*, la cual al ser un coagulante natural muestra porcentajes de coagulación en un rango de hasta el 87 % de sólidos suspendidos, el 35% de la demanda química de oxígeno, con los resultados de laboratorio, las proteínas que se presentan en las semillas de *C. obtusifolia*, con lo se puede obtener un eficaz coagulante y floculante natural.

Por otro lado, Mayor *Plantago L.*, según las encuestas realizadas, para determinar el beneficio demostró que los componentes activos de la semilla de plantago tienen propiedades viscosas, las cuales pueden interferir con los procesos de diversos procesos de coagulación, floculación y eliminación de turbidez y pigmentos en aguas residuales.

Otro coagulante-floculante natural que se analizó es el Quitosano, el cual posee propiedades que le permite unirse a algunos metales, tienen una afinidad mayor o menor. Hacen uso con propiedades para lograr la descontaminación de aguas residuales, el quitosano reduce del 71% al 97% del material y la demanda química es de 50% a 80 %.

En lo que respecta al cactus se ha podido concluir la importancia que representa el principio activo del mucílago de nopal, como elemento que presenta buenas cualidades para la reducción de turbidez en el agua, siendo este posiblemente un ingrediente activo que puede proporcionar la capacidad de coagulación de *Opuntia spp.*, esto si se tiene en cuenta los ensayos que se han realizado con anterioridad, combinado con diferentes azúcares que se presentan en el cactus reduciendo la turbidez al 50%. Estos resultados se deben probablemente al predominio en especies vegetales en forma polimérica



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE

¡Seguimos avanzando!



(ácido poligalacturónico) que presenta el ácido galacturónico, donde el predominio de esta estructura indica que es aniónico, sus grupos carboxílicos que hacen parte de la cadena proporcionan absorción química, que presentan porcentajes de eliminación de turbidez hasta un 94 % y de 66 % siendo este aplicado solo cactus como coagulante, por debajo de resultados obtenidos con otro tipo de coagulantes, tales como los sintéticos destacándose el cloruro férrico y sulfato de aluminio.

En lo que respecta a la mezcla de aloe vera con y citrus reticulata, se ha podido concluir según las investigaciones realizadas que el que el floculante Aloe Vera tiene el mayor porcentaje de remoción de turbidez en aguas de vertimientos, superficiales o grises. No obstante, hay que destacar que, tiene una reticulata muy parecida al aloe vera, sin embargo, no se puede decir lo mismo para el floculante Citrus Reticulata ya que tiene un porcentaje muy bajo de remoción de turbidez por lo cual no se recomienda el uso de este floculante, por tanto, respectivamente se encuentra la mayor eficiencia en el floculante AloeVera seguido por la mezcla de ambos vegetales y finalmente el Citrus Reticulata.

Otro elemento de tipo biológico que presenta utilidad son las escamas de pescado las cuales muestran según la literatura reportes sobre el uso de estos elementos como coagulantes para el tratamiento de aguas residuales donde se aprovechan las proteínas para eliminar iones metálicos.

Con escamas de pescado utilizadas en dosis bajas y su pH natural de 5,0 una eliminación eficaz del color de aguas industriales en un porcentaje de hasta un 90%, obteniendo al tiempo eliminación de grandes contaminación y metales pesados como el plomo y cobre.

Por último, hay que destacar los tratamientos combinados, los cuales debido al incremento



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE

¡Seguimos avanzando!



de residuos y su disposición en rellenos generando como subproductos lixiviados, Debe tratarse antes de su vertido en aguas superficiales para evitar daños a la salud y al medio ambiente. Por lo tanto, debido a la gran diversidad de composición de los lixiviados, se encontró que muchos estudios se refieren a una combinación de dos o más técnicas para obtener parámetros de remoción más altos.

En conclusión, se podría conceptuar que en la actualidad los coagulantes naturales, algunos de ellos han mostrado una gran eficiencia tal como se ha venido reseñando. No obstante, hay que destacar que por medio de coagulantes y floculantes naturales no se puede obtener un tratamiento completo con eficiencia del 100% de descontaminación de los lixiviados y de las aguas residuales, ya que solo se logran realizar remociones promedio del 90% de eliminación de los contaminantes presentes en estas aguas residuales de los rellenos sanitarios y de los vertederos.

La semilla de tamarindo no logró cumplir con las expectativas para lograr la remoción de turbidez en aguas residuales, aunque puede sustituir coagulantes naturales, a lo que respecta la remoción del DQO, presentó una remoción ligera y no muy efectiva en la turbidez.

Las diferentes semillas estudiadas a lo largo de los años se presentan como alternativas para los coagulantes inorgánicos, estos coagulantes de origen natural, dan grandes posibilidades de obtener la reducción de contaminantes y turbidez en las aguas residuales, logrando una reducción promedio de contaminación de un 75% y turbidez del 86%, teniendo en cuenta que una de estas semillas posee polifenoles, que también ayudan a la reducción de flóculos en el agua, actuando como coagulante natural y floculante natural.



SC-CER96940





ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



La semilla de nirmali posee muy grandes expectativas en un futuro, los estudios que se han realizado a esta semilla y ensayos, han sido muy pocos, pero, en los estudios los resultados dados son muy grandes, pues se ha dado una efectividad de 80 % en reducción de turbidez y contaminantes en aguas residuales, aun se esperan más estudios a futuro, pues sus estudios no han sido a gran profundidad, pero los resultados obtenidos por los pocos que se han realizado son excelentes y prometen un gran coagulante natural para aguas residuales.

Colombia es una gran potencia mundial por su gran fuente de flora, lo que permitió en los años 2007 y 2010 realizar dos investigaciones con el coagulante de almidón de maíz el cual logra remover turbidez en un 78% en aguas residuales superficiales, en cambio en estudio realizado en almidón de yuca dio resultados muy decepcionantes a los investigadores.

Al hablar de coagulación y floculación damos referencia a procesos físico-químicos que actúan para ayudar a mejorar el proceso de purificación del agua consiguiendo así una mejora en calidad de aguas residuales, ya que los coagulantes naturales, tales como las escamas de pescado, pueden remover hasta el 98 % de la demanda química de oxígeno y el 90% de turbidez, siendo uno de los coagulantes naturales más efectivos y utilizados para estudios.

Algunos de estos tratamientos traen grandes beneficios al utilizarlos en aguas residuales, ya que la mayoría logró superar el 80% de remoción de turbidez y eliminación de desechos en el agua. Existen limitados estudios de algunos coagulantes que no han sido probados a profundidad (Semilla de tamarindo y la vitis vinifera), para determinar, si como la moringa, el cactus y las escamas de pescados, son de los



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE

¡Seguimos avanzando!



más efectivos al utilizarlos en ensayos.

Si pensamos en escoger y dar un coagulante – floculante como principal fuente confiable para el tratamiento de aguas residuales, se escogería el quitosano, y las escamas de pescado, que son recursos naturales fáciles de conseguir y sin necesidad de realiza sobre explotación de estos, ya que son de los más efectivos con porcentajes mayores al 90 % de remoción de turbidez y demanda química de oxígeno.



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Referencias

- Abbas, A., Jingsong, G., Ping, L., Ya, P., & Al-Rekabi, W. (2009). *Review on landfill leachate treatments*. *AJAS* (ISSN: 1546-9239) 6 (4): 672-684.
- Abiola, O. N. (2016). *Appropriate technology for domestic wastewater management in under-resourced regions of the world*. Adekunle Ajasin University.
- Aguirre, S., P. N., & Cruz, K. (2018). *Sustancias naturales Alternativa para el tratamiento de agua del río Magdalena*. *Scielo*, 29, n. 3.
- Ahmed, A., Sumath, S., & Hameed, B. (2006). *Coagulation of residue oil mill effluent by chitosan, alum and PAC*. *Chem. Eng. J.*, 99–105.
- Ahmed, F., & Lan, C. (2012). *Tratamiento de lixiviados de vertederos utilizando biorreactores de membrana: una revisión*. *Desalinización 287: 41–54*. *Desalinización 287: 41–54*.
- Ahmed, N., & Lan, C. (2012a). *Treatment of landfill leachate using membrane bioreactors*.
Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.desal.2011.12.012>
- Álava, J. (2016). *Aplicación de quitosano como biocoagulante en aguas residuales contaminadas con hidrocarburos*. Obtenido de <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v6n3.69>
- Bahrodin, M., Zaidi, N., & Hussein, N. (2021). *Avances recientes en el tratamiento de aguas residuales basado en la coagulación: transición de coagulante químico a natural*.
Obtenido de <https://doi-org.unipamplona.basesdedatosezproxy.com/10.100>



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Bashir, M., Aziz, A., & Yusoff, M. (2011). *Nuevo tratamiento secuencial para lixiviados de vertederos maduros mediante procesos catiónico / aniónico y aniónico / catiónico: optimización y estudio comparativo*. *J Hazard Mater* 186: 92–102.

Beltrán, H., Sánchez, M., Delgado, R., & Jurado, B. (2009). *La eliminación de alizarina Violet 3R (tinte antraquinónicos) a partir de soluciones acuosas mediante coagulantes naturales*. *Diario de materiales peligrosos*, 170, pp. 43-50.

Bouatay, F., & Mhenni, F. (2014). *Use of the cactus cladodes mucilage (Opuntia Ficus Indica) as an eco - friendly flocculants: process development and optimization using stastical analysis*. *International Journal of Environmental Research*. Obtenido de https://ijer.ut.ac.ir/article_822_15a052324d6b84181184bdd275322bb6.pdf

Cabaço, S., Machás, R., Vieira, V., Santos, R., & wastewater, (. I. (2008). *Impacts of urban wastewater discharge on seagrass meadows (Zostera noltii)*. *Estuarine. Coastal and Shelf Science*. *Coastal and Shelf Science*.

Cabrera, X., Fleites, M., & Contreras, A. (2009). *ESTUDIO DEL PROCESO DE COAGULACIÓN-FLOCULACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DE LA EMPRESA TEXTIL "DESEMBARCO DEL GRANMA" A ESCALA DE LABORATORIO*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/4455/445543760009.pdf>

Campo, V. Y., Delgado, M., Roa, Y., Mora, G., & Carreño, O. J. (2019). *EVALUACIÓN*



SC-CER96940





ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



PRELIMINAR DEL EFECTO DEL QUITOSANO EN LA COAGULACIÓN-FLOCULACIÓN DE AGUAS RESIDUALES. Obtenido de

<http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v21n2/0123-4226-rudca-21-02-00565.pdf>

Carranza, M. (2013). *Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO5)*. UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO.

Catarina, V. a., Catarina, N. b., Mota, C. V., Gouveia, M., & Gonçalves, a. (2021). *Un enfoque circular para el tratamiento de lixiviados de vertederos: precipitación química con cenizas de biomasa seguida de biorremediación a través de microalgas*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2213343721001640>

Chavez, W. (2011). *Tratamiento de lixiviados generados en el relleno sanitario de la Cd. de Chihuahua, Méx.* CENTRO DE INVESTIGACION EN MATERIALES AVANZADOS.

Chemlal, R., Azzouz, L., Kernani, R., Abdi, N., Lounici, H., Grib, H., & Drouiche, N. (2014). *Combination of advanced oxidation and biological processes for the land fill leachate treatment*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2014.09.043>

Chen, X., Zhuang, J., Liu, J., Lei, M., Ma, L., Chen, J., . . . Hu, L. (2011). *Potential AMPK activators of cucurbitane triterpenoids from *Siraitia grosvenorii* Swingle*. *Bioorg Med Chem* 19: 5776 - 5781.

Cultura Científica. (2019). *Qué es el pH*. Obtenido de <https://culturacientifica.com/2019/11/28/que-es-el-ph/>

De Barros, T. I. (2018). *D a g l p a s r u c e : s i*. Facultad de ciencias e tecnología.



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Diestra, S., & Ramos, P. (2019). *Efecto de la concentración de Aloe Vera (Sábila) y tiempo de floculación en la remoción de sólidos suspendidos y materia orgánica biodegradable de aguas residuales municipales*. Biblioteca Digital - Dirección de Sistemas de Informática y Comunicación.

Dupas, R., Delmas, M., Dorioz, J., Garnier, J., Moatar, F., & Gascuel-Odoux, C. (2015). *Evaluación del impacto de las presiones agrícolas en las cargas de N y P y el riesgo de eutrofización*. *Ecol Indic* 48: 396–407.

Dupas, R., Delmas, M., Dorioz, J., Garnier, J., Moatar, F., & Gascuel-Odoux, C. (Evaluación del impacto de las presiones agrícolas en las cargas de N y P y el riesgo de eutrofización.). 2015. *Ecol Indic* 48: 396–407.

Emgirs. (2020). *Tratamiento de lixiviados*. Obtenido de <https://www.emgirs.gob.ec/index.php/zentools/zentools-slideshow/zentools-carousel>

FAO. (2019). *Contaminación de suelos a partir de residuos peligrosos*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/I9183ES/i9183es.pdf>

Feng, D., Song, C., & Mo, W. (2021). *Implicaciones ambientales, para la salud humana y económicas del tratamiento de lixiviados de vertederos para la eliminación de sustancias perfluoroalquílicas y polifluoroalquílicas*. Obtenido de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33857713/>

Fernández-Alba, A., Letón, G. P., Rosal, G. R., Dorado, V. M., Villar, F. S., & Sanz, G. J. (2016). *tratamientos avanzados de aguas residuales industriales*. Madrid: Fundación para el conocimiento.



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Freitas, Oliveira, Souza, d., Geraldino, Almeida, Fávoro, & Garcia. (2015). *Optimization of coagulation-flocculation process for treatment of industrial textile wastewater using okra (A. esculentus) mucilage as natural coagulant*. *Monit. Assess.* 186, 5261–5271.

Fuentes, L., Contreras, W., Perozo, R., Mendoza, I., & Villegas, Z. (2018). *Uso del quitosano obtenido de Litopenaeus schmitti (Decapoda, Penaeidae) en el tratamiento de agua para consumo humano*. *Multicias*, vol 8.

Galvin, M. (2003). *Fisicoquímica y microbiología de los medios acuáticos*. Tratamiento y control de calidad de aguas.

Gomes, I., Santos, S., Silva, V., Boaventura, R., & Vilar, P. (2019). *Science of the Total Environment Treatment train for mature landfill leachates: Optimization studies*. . *Science of the Total Environment*, 673, 470-479.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.04.027>.

Gu, & Zhu. (1992). *Rupprecht, Advances in colloid structure*. *Progress in Colloid and Polymer Science* 88, 74.

Gutierrez, R., Ferrer, I., Garcia, J., & Uggetti, E. (2015). *Influence of starch on microalgal biomass recovery, settleability and biogas production*. *Bioresource technology* 185 (2015)341-345.

Hernández, C. C., Moreno, Q. M., Hernández, R. D., & Crespo, Z. L. (2017). *Acid hydrolysis of Aloe Vera (Sábila) bagasse for obtaining pectin*. *Centro Azúcar*, 44.



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Hood, L., & Zall, R. (1990). *Recovery, utilization and treatment of seafood processing wastes.*

In: Conell JJ (ed) Advances in fish science and technology. Fishing News Books, Ltd., Surrey, England.

IDEAM. (2007). *La Demanda Química de Oxígeno (DQO).* Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Demanda+Qu%C3%ADmica+de+Ox%C3%ADgeno.pdf/20030922-4f81-4e8f-841c-c124b9ab5adb#:~:text=La%20Demanda%20Qu%C3%ADmica%20de%20Ox%C3%ADgeno,agente%20oxidante%2C%20temperatura%20y%20tiempo.>

Ilaria, R., abRaed, A., Al-JubooriaJuho, U., & KaljunenaAnna, M. (2021). *Tratamiento polivalente de lixiviados de vertederos utilizando coagulantes naturales - Pretratamiento para la recuperación de nutrientes y eliminación de metales pesados y microcontaminantes.* Journal of Environmental Chemical Engineering Volume 9.

Ittisupornrat, S., Phetrak, A., Theeparaksapan, S., Mhuantong, W., & Tobino, T. (2021). *Efecto de los tiempos prolongados de retención de lodos sobre el rendimiento del biorreactor de membrana y la comunidad microbiana para el tratamiento de lixiviados bajo aireación restringida.* Obtenido de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34214930/>

Jiménez, B. L., & Piscal, V. (2015). *Estudio y evaluación del almidón de maíz como alternativa natural en el proceso de coagulación de agua para consumo humano.* San Juan de Pasto: Universidad de Nariño.



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Jeon, J.R., Murugesan, K., Kim, Y.M., Kim, E.J., Chang, Y.S., (2009). Use of grape seed and its natural polyphenol extracts as a natural organic coagulant for removal of cationic. *Chemosphere* 77, 1090–1098.

Kamaruddin, M., Yusoff, M., Adam, M., Maz, M., Abdullah, M., & R Alrozi, A. (2018).

Degradación de la materia orgánica del lixiviado estabilizado mediante el uso de sulfato de zinc como agente coagulante. Obtenido de

<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/374/1/012047/meta>

Kursun. (2010). *Determination of flocculation and adsorption–desorption characteristics of Na-Feldspar concentrate in the presence of different polymers. Physicochem. Probl. Miner. Process.*, 44, pp. 127–142.

Lárez, V. (2013). *Algunos usos del quitosano en sistemas acuosos. Obtenido de*

<http://www.ehu.es/reviberpol/pdf/ABR03/Cristobal2003.pdf>

Li, W., Hua, T., Zhou, Q., Z. S., Li, F., & vertederos, (. T. (2010). *Tratamiento de lixiviados de vertederos estabilizados mediante el proceso combinado de coagulación / floculación y adsorción de carbón activado en polvo. Desalinización* 264: 56–62.

Lichtfouse, E. (2019). *Lichtfouse E. y col. (2019) Quitosano para procesos de biofloculación directa. En: Crini G., Lichtfouse E. (eds) Sustainable Agriculture Reviews 36.*

Sustainable Agriculture Reviews, vol 36. Springer, Cham. Obtenido de <https://doi-org.unipamplona.basesdedatosezproxy>



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Lichtfouse, E., Morin-Crini, N., & Fourmentin, M. (2019). *Quitosano para la biofloculación directa de aguas residuales*. Obtenido de <https://doi-org.unipamplona.basesdedatosezproxy.com/10.1007/s10311-019-00900-1>

L. Ramírez, J. Suárez y J. Quirama, “*Evaluación de las propiedades floculantes de Malvaviscus arboreus, Heliocarpus popayanensis e Hylocereus undatus para clarificación de aguas*”, RIAA, vol. 2, ° 2, pp. 33-42, 2011.

Liu, Z., Wu, W., Shi, P., Guo, J., & Cheng, J. (2015). *Characterization of dissolved organic matter in landfill leachate during the combined treatment process of air stripping, Fenton, SBR and coagulation*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.03.044>

Llopis, S., & Ballester, D. (2020). *Revisión de los estudios sobre exposición al aluminio y enfermedad de Alzheimer*. Salud Pública, 76, 645-658.

López, P. M. (2017). *Tratamiento de residuos urbanos o municipales (UF0285)*. CEP.

Lozano, A. (2005). *Coloides*. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rca/v33n2/v33n2a07.pdf>

Lozano, R. W. (2012). *Uso del extracto de fique (furcraea sp.) como coadyuvante de coagulación en tratamiento de lixiviados*. Revista Internacional de Contaminación Ambiental, vol. (28), 0-0. Revista Internacional de Contaminación Ambiental, vol. (28), 0-0.



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Minambiente. (2015). *Norma de Vertimientos*. Obtenido de

<https://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/1933-disponibilidad-del-recurso-hidrico>

Mishra, A., & Bajpai, M. (2005). *Flocculation behavior of model textile wastewater treated with a food grade polysaccharide*. *J. Hazard. Mater.*, 118, pp. 213–217.

M. Asrafuzzaman, A. Fakhuruddin y M. A. Hossain, “*Reduction of Turbidity of Water Using Locally Available Natural Coagulants*”, *International Scholarly Research Network. ISRN Microbiology*, Article ID 632189. pp. 6, 2011

Morales, O. (2018). *Determinación del poder coagulante de la sábila para la remoción de turbidez en el proceso de tratamiento de agua para consumo humano*. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.

Morin-Crini, N., Lichtfouse, E., & Crini, G. (2021). *Contaminantes emergentes*. Obtenido de <https://www.springer.com/gp/book/9783030690892>

Munavalli, G. (2017). *Use of Aloe Vera as Coagulant aid in Turbidity Removal*. *Engineering Research and Technology*, 10, 1.

Nascimento et al; (2017). *Congreso Interamericano de residuos sólidos*. Obtenido de [https://aidisnet.org/wp-content/uploads/2020/02/MEMORIAS-7mo-Congreso-Residuos-Solidos .pdf](https://aidisnet.org/wp-content/uploads/2020/02/MEMORIAS-7mo-Congreso-Residuos-Solidos.pdf)

Nhut, H., Hung, N., & Lap, B. (2020). *Uso de polvo de semillas de Moringa oleífera como biocoagulantes para el tratamiento de aguas superficiales*. Obtenido de <https://doi-org.unipamplona.basesdedatosezproxy.com/10.1007/s13762-020>



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



- Nihon kasetu. (2020). *La floculación*. Obtenido de <https://nihonkasetu.com/es/el-mecanismo-de-coagulacion-y-floculacion/>
- Nouj, N., Heddadi, N., Azougarh, Y., & Hafid, N. (2021). *A combined treatment of municipal solid waste landfill leachate using Opuntia ficus-indica cactus as coagulant and titaniferous sand as filter material*. Obtenido de Nanotechnology for Environmental Engineering 6 (1), 1-14
- Oloibiri, V. U., Demeestere, K., & Hulle, S. (2015). *A comparative study on the efficiency of ozonation and coagulation – flocculation as pretreatment to activated carbon adsorption of biologically stabilized landfill leachate*. Waste Management, 43, 335-342.
- Palacios, C. O. (2016). *Evaluación de la dosis y concentración del almidón de zea mays (maíz) en el proceso de floculación, utilizando agua del río Casca*. Obtenido de <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/2832>
- Patterson, D., Metcalfe, I., Xiong, F., & Livingston, A. (2006). *Wet air oxidation of linear alkylbenzene sulfonate: 1. Effect of temperature and pressure*. Industrial and Engineering Chemistry Research 40 (23), 5507 e 5516.
- Perazzo, G., Goulart, C., Figueiredo, D., Oliveira, C., & Silva, J. (2015). *Economic and Environmental Impact of Using Exogenous Enzymes on Poultry Feeding*. International Journal of Poultry Science. 7, 311-314.
- Perng, B. (2014). *Perng, Bui. (2014). The feasibility of Cassia fistula gum with polyaluminium chloride for decolorization of reactive dyeing wastewater*. Serb. Chem. Soc.



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Prakash, M., & Manikandan, S. (2012). *Response surface modeling and optimization of process parameters for aqueous extraction of pigments from prickly pear (Opuntia ficus-indica) fruit*. *Dyes Pigments* 95: 465-472.

Righetto, I., Al-Juboori, R., Kaljunen, J., & Mikola, A. (2021). *Wastewater treatment with starch-based coagulants for nutrient recovery purposes: Testing on lab and pilot scales*. *J Environ Manage*.

Riantini y Farahiyah Eki (2014), *Caracterización de componentes bioactivos y prueba de actividad del extracto de NaCl de Java Tamarindo (Tamarindus indica L.) contra nitrato (NO₃-)*, Tesis de pregrado, Universidad Islámica del Estado Maulana Malik Ibrahim.

Sánchez, M. M., González, V. J., Beltrán, H., & de, (. A. (2009). *Acacia mearnsii de wild tannin-based flocculant in surface water treatment*. *Journal of Wood Chemistry and Technology* 29 (2) 119–135.

Sánchez-Martín, J., Beltrán-Heredia, J. y Peres, JA, “*Mejora del proceso de floculación en el tratamiento de aguas mediante el uso de extracto de semillas de Moringa oleífera*”, *Revista Brasileña de Ingeniería Química*, vol. 29, no. 3, págs. 495-501, 2012trónica, Univ. Islam Negeri Maulana Malik IbrahimMalang, 2014.

Sandoval, A. M., & Laines, C. J. (2013). *Moringa oleífera una alternativa para sustituir coagulantes metálicos en el tratamiento de aguas*. *Universidad Autónoma de Yucatán Ingeniería*, vol. 17, núm. 2, mayo-agosto, 2013, pp. 93-101.



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Sanghi, Bhattacharya, Dixit, Singh, & Environ., J. (2006). *Ipomoea dasysperma seed gum: an effective natural coagulant for the decolorization of textile*. J. Environ. Manage. 81 36–41.

Sarwan, B., Pare, B., Acharya, A., & Jonnalagadda, S. (2012). *Mineralization and toxicity reduction of textile dye neutral red in aqueous phase using BiOCl photocatalysis*. J. Photochem. Photobiol. B 116, 48–55.

Serdarevic. (2017). *Gestión de lixiviados de vertederos: control y tratamiento*. (A. S. En: Hadžikadić M., Ed.) Obtenido de https://doi-org.unipamplona.basesdedatosezproxy.com/10.1007/978-3-319-71321-2_54

Serdarevic, A. (2017). *Gestión de lixiviados de vertederos: control y tratamiento*. (A. S. En: Hadžikadić M., Ed.) Obtenido de <https://doi->

Servicios ambientales. (2019). *Servicios ambientales, G. (2020). Informe de resultados caracterización calidad de lixiviado crudo, relleno sanitario Colomba el Guabal*. GAIA-INF-U4-037-20.

Shan, T., Matar, M., & Makky, E. (2017). *El uso de semilla de Moringa oleífera como coagulante natural para el tratamiento de aguas residuales y remoción de metales pesados*. Appl Water Sci 7, 1369-1376 (2017). Appl Water Sci 7, 1369-1376.

Sharma, Dhuldhoya, & Merchant. (s.f.). *Flocculants—an ecofriendly approach*. J. Polym. J. Polym. Environ. 14, 195–202.



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



- Singh, Srivastava, & Tiwari. (2009). Singh, Srivastava, Tiwari. *Structural elucidation, modification and characterization of seed gum from Cassia javahikai seeds: a non-traditional source of industrial gums*. Int. J. Biol. Macromol., 45), pp. 293–297.
- Sotheeswaran, S., Nand, V., Matakite, M., & Kanayathu, K. (2014). *Moringa oleifera and other local seeds in water purification in developing countries*. Chemistry and Environment, 15.
- Souza, C, Silva, A. F., Veiga, J. V., de Lima, D. B., Dantas, M. A., & Pereira Santana, D. (2014). *Characterization of atomized extract of Opuntia ficus indica (L.) Mill. and assessment of its pharmaceutical potential*. Revista de Ciências Farmacêuticas BásicaE Aplicada, 35(2), 195-203.
- Subramonian, W. C. (2014). *Comprehensive study on coagulant performance and floc characterization of natural Cassia obtusifolia seed gum in treatment of raw pulp and paper mill effluent*. Ind. Crop. Prod.
- Tecpa. (2020). *El vertedero de residuos*. Obtenido de <https://www.tecpa.es/vertedero-residuos/>
- Tenodi, S., Krčmar, D., Agbaba, J., Zrnić, K., Radenović, M., Ubavin, D., & Dalmacija, B. (2020). *Evaluación del impacto ambiental de partes sanitarias e insalubres de un relleno sanitario municipal de residuos sólidos*. Obtenido de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31929060/>
- Terrones, C. L. (2019). *Determinación de la eficiencia de floculación en la mezcla de (aloe vera y citrus reticulata) para la disminución de la turbidez*. Obtenido de <http://repositorio.upagu.edu.pe/handle/UPAGU/1007>



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



- Theodoro. (2013). *JDP Theodoro, GF Lenz, RFZara, R. Bergamasco, Coagulantes y polímeros naturales: perspectivas para el tratamiento de la tecnología de agua, plásticos y polímeros (PAPT), 2, 55-62 (2013).*
- Ticona, V. (2018). *Estudio de la determinación de la actividad floculante en agua tratados con pectina obtenidos a partir de la cáscara de naranja*, Universidad Nacional San Agustín de Arequipa.
- Toledo, R y Y, Yilmaz (2004). *Major flavonoids in grape seeds and skins: antioxidant capacity of catechin, epicatechin, and gallic acid*. Major Flavonoids in Grape Seeds and Skins: Antioxidant Capacity of Catechin, Epicatechin, and Gallic Acid | Journal of Agricultural and Food Chemistry (acs.org) *Obtenido de:* <http://dx.doi.org/10.1021/jf030117h>
- Trujillo, D., Duque, L., Arcila, J., Rinco, A., Pacheco, S., & Herrera, O. (2014). *Remoción de turbiedad en agua de una fuente natural mediante coagulación/floculación usando almidón de plátano*. *Obtenido de* http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-100X2014000100003
- Vega, A. P., Ferreira, P. C., Alcionéa, C. d., Yumi, K. I., & Gonçalves, d. R. (2020). *Use of Moringa oleifera seed as a natural coagulant in domestic wastewater tertiary treatment: Physicochemica*. Physicochemica.
- Velp Scientifica. (2020). *Floculadores para prueba de jarras*. *Obtenido de* <https://www.velp.com/es-sa/jlt-series.aspx>



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



- Wang, Hui, Cheng, Z., Sun, Z., Zhu, N., Yuan, H., . . . Chen, X. (2020a). *Chemosphere Molecular insight into variations of dissolved organic matters in leachates along China's largest A / O-MBR-NF process to improve the removal efficiency*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125354>
- Webb, Sykes, & Garnock-Jones. (1988). *Flora of New Zealand, Volume IV: Naturalised Pteridophytes, Gymnosperms, Dicotyledons*. Botany Division, DSIR, Christchurch.
- World Health Organization. (2013). *Aluminium in drinking-water: background document for development of WHO Guidelines for drinking-water quality*. World Health Organization. Obtenido de <https://apps.who.int/iris/handle/10665/75362>.
- Wu, A., Dai, X., Blot, W., Xu, Z., Dom, X., & Xiaoe, H. (2013). *Lung cancer among women in northeast China*. *British Journal of Cancer*;1990; 62:982–987.
- Xu, Q., Siracusa, G., Di Gregorio, S., & Yuan, Q. (2018). *COD removal from biologically stabilized landfill leachate using Advanced Oxidation Processes (AOPs)*. (1. 2.-2. Process Safety and Environmental Protection, Ed.) Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.psep.2018.09.014>
- Yongabi, K. (2010). *Biocoagulants for water and waste water purification*. *Rev. Chem. Eng.*,2 pp. 444–458.
- Zollinger, H. (2007). *Colour Chemistry e Synthesis, Properties and Application of Organic Dyes and Pigments*. VCH Publishers, New York.



SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Ambiente, M. (2018). Retrieved from <https://www.icj-cij.org/>

Ambientun. (n.d.). Retrieved from <https://www.ambientum.com/>

Bionatura. (2021). Retrieved from

<http://www.revistabionatura.com/> EMGIRS. (2020). Retrieved from

<https://www.emgirs.gob.ec/> MARTIN, U. S. (2021). Retrieved from

<https://repositorio.unsm.edu.pe/> U, J. (2021). Retrieved from

<https://repository.udistrital.edu.co/> UNAM. (2021). Retrieved from

<http://www.scielo.org.mx/scielo.php>



SC-CER96940