



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental

“Remoción de turbidez de aguas superficiales
mediante floculación”

Trabajo de investigación para optar al grado de:

Bachiller en Ingeniería Ambiental

Autores:

Stuart Díaz Aliaga

Asesor:

Ing. Marieta Cervantes Peralta

Cajamarca - Perú

2018

DEDICATORIA

A nuestros padres e hijos.

A mis padres por ser el ejemplo de perseverancia, por darnos el valor para seguir adelante y poner toda su confianza en mí, a mis hijos por darme el impulso, para nunca rendirme y gracias a ellos he llegado lejos y estoy haciendo esta investigación.

Y también quiero dedicar a un amigo muy especial que es nuestro Dios que siempre está en las buenas y en las malas y a pesar de mis errores él nunca me abandona.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a todos mis maestros ya que ellos me enseñaron a valorar los estudios y a superarme cada día, también agradezco a mis padres que estuvieron en los días más difíciles de mi vida como estudiante.

Tabla de contenido

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
RESUMEN	7
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	8
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	12
CAPÍTULO III: RESULTADOS	20
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	21
REFERENCIAS	22
ANEXOS	1

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 artículos incluidos en la revisión según las palabras claves

Tabla 2 número de artículos encontrados con las palabras claves en diferentes buscadores

Tabla 3 artículos encontrados de floculantes coagulantes

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 porcentaje de agua en el planeta

Fig. 2 floculación

Fig. 3 turbidez del agua

Fig. 4 turbidímetro

RESUMEN

La siguiente investigación tiene como idea principal reducir la turbidez del agua superficial contaminada con partículas en suspensión por distintas actividades antrópicas, utilizando la floculación como principal proceso de remoción de turbidez, así mismo analizaremos y haremos la comparación de floculantes alternativos como son los floculantes naturales y los floculantes como sales metálicas, midiendo la capacidad de remoción de cada uno de ellos, se utilizó buscadores como scielo, google académico, google libros. Para esto se tomara como muestra una cierta cantidad con turbidez la cual pasara por uno proceso denominado prueba de jarras donde se añadirá los floculantes y se hará los estudios del agua tratada para medir la cantidad de remoción de turbidez tanto como el floculante químico como el orgánico y dando conformidad de la eficiencia de cada uno de ellos y su efecto secundario con el medio ambiente, esta investigación es útil para saber el costo, efectividad, rapidez de reacción, cambios en el PH del agua resultante, beneficios para la población y para la industria, como también para el medio ambiente haciendo que sea más aprovechada tanto en las industria ganaderas, agrícolas y para consumo humano, también se observará si el proceso alternativo se podría utilizar en las plantas de tratamiento de agua potable reduciendo costos en dichos tratamientos por que los floculantes naturales son más fáciles de conseguir y más económicos en el mercado a diferencia de los floculantes químicos .

PALABRAS CLAVES: floculación, coagulación, turbidez, aguas residuales, clarificantes

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

El agua es una sustancia compuesta de dos moléculas de hidrogeno y una de oxigeno H₂O, es incolora, inodora e insípida, es fundamental para la vida en este planeta.

(Ramírez Arcila, Jhoan, & Peralta, 2015) La falta de agua potable en países en vías de */desarrollo representan un problema cada día más grande a nivel mundial por lo que es necesario buscar nuevas y eficientes alternativas que brinden la posibilidad de mejorar la calidad del agua para consumo humano que sea de fácil acceso y consecución para las poblaciones marginales.

por eso es necesario asegurarnos que se encuentre en buenas condiciones para poder tener agua de buena calidad y en cantidades adecuadas.

según informes de los gráficos vitales del agua publicado en el año 2002 por el programa de las naciones unidas para el medio ambiente (UNEP), el volumen total del agua en el planeta es de aproximadamente de 1.400 millones de Km³, de los cuales el 2,25% representa unos 35 millones de Km³ de agua dulce. (“Metodología de análisis en el tiempo para evaluar la escasez de agua dulce en función de la oferta y de la demanda . Caso de estudio : Los países de la región del golfo de Guinea Universidad Politécnica de Cataluña,” n.d.)

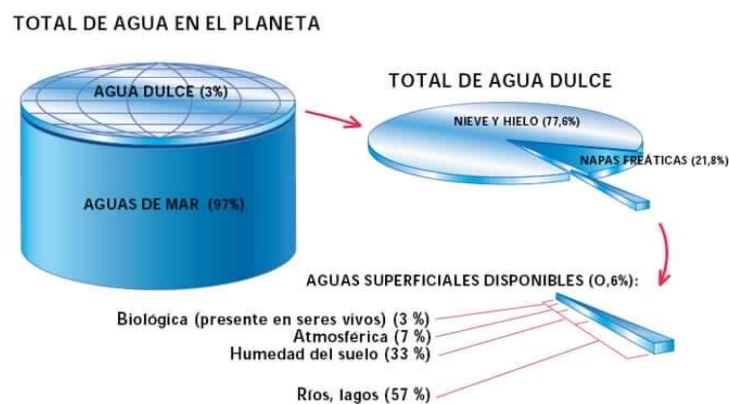


Fig. 1 porcentaje de agua en el planeta

Y esto indica que el 0,007% del total del agua del planeta es agua de acceso al hombre para su aprovechamiento y a ese porcentaje nos referimos al agua superficial accesible al hombre.

Para esto existen varios métodos de tratamientos para recuperar las aguas residuales y el más común empleados en tratamiento inicial de agua es la remoción de turbidez por floculación.

Diferentes compuestos naturales extraídos de plantas se han usado para el tratamiento de aguas residuales por muchos siglos. Estos en su gran mayoría derivan de semillas, hojas, cortezas o savia, raíces y frutos de árboles y plantas. En este trabajo se evaluó la utilización del polvo de la semilla de la *Cassia fístula* como coagulante natural en el tratamiento primario de aguas residuales domésticas. (Tarón et al., 2017)



Fig. 2 floculación

A fin de evaluar la remoción de materia orgánica en la fase de pretratamiento de dichas aguas residuales, se hicieron pruebas de coagulación, floculación y sedimentación, utilizando polímeros orgánicos naturales e ino cuos; quitosán como coagulante primario, y alginato de sodio y ácido tánico como ayudantes de coagulación aniónicos. (Daniela Trujillo; Luisa Fernanda Duque; Juan Sebastián Arcila; Alejandro Rincón*; Sebastián Pacheco; & Oscar Fernando Herrera., 2014)

La coagulación es el proceso más importante en el tratamiento convencional del agua. Su aplicación incluye la remoción de especies en suspensión, mediante la adición de coagulantes químicos, cuyo uso trae desventajas asociadas a altos costos de adquisición,

producción de grandes volúmenes de lodo y el hecho de que afectan el pH del agua tratada.

(Guzmán, Villabona, Tejada, & García, 2013)

Estos métodos se emplean para reducir la turbidez, y ¿qué se entiende por turbidez del agua?



Fig. 3 turbidez del agua

Turbidez del agua es la medida del grado de transparencia que pierde el agua por presentar partículas en suspensión ya sea material orgánico como Fito plancton, desechos de hogares u industrias como son los camales, criaderos, etc. (Gonz, Especialista, & Servicio, 2011)

Las partículas en suspensión absorben calor de la luz solar, haciendo que el agua turbia se vuelva más caliente y reduciendo así la cantidad de oxígeno en el agua. Algunos organismos termo intolerantes no pueden sobrevivir en aguas calientes, mientras que otros organismos los termo tolerantes son favorecidos creando un ambiente adecuado para su reproducción. Las partículas en suspensión dispersan la luz del sol ocasionando que las algas y plantas encargadas de producir oxígeno en el agua no sean eficientes y como resultado una disminución de oxígeno en el agua.

En un tratamiento de agua potable la turbidez marca la calidad del agua midiendo con un turbidímetro mientras más turbidez tenga menor es la calidad del agua, porque a mientras más es la turbidez encontrada es más la contaminación del agua a tratar.



Fig. 4 turbidímetro

Según la OMS (organización mundial de la salud), la turbidez del agua para consumo humano no debe superar en ningún caso los 5 UNT (unidades nefelométricas de turbidez) y estar idealmente bajo el 1 NTU. (Gonz et al., 2011)

Por lo tanto, lo ideal sería utilizar un floculante que no deje rastros de su composición en el agua y a su vez lograr la mayor cantidad de remoción de partículas en suspensión para un aprovechamiento adecuado del agua como son los floculantes orgánicos.

.CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

Se realizó una revisión sistemática como método de investigación para la recolección de datos se tomó en cuenta las palabras claves antes mencionados, se buscó en páginas como scielo, google académico, google libros entre otras, se bajó información de tesis, papers, revistas, libros, artículos y más, para recopilación de datos, una vez recopilado los datos se tomará en cuenta los más resaltantes acerca del tema investigado.

En este trabajo se analiza la remoción de turbiedad en agua proveniente de una fuente natural, mediante coagulación/floculación, usando almidón de plátano. Se planteó un diseño experimental factorial aleatorio de cuatro factores variables, a saber: pH, dosis de coagulante, velocidad de mezcla rápida y velocidad de mezcla lenta. Se realizaron pruebas de jarras para determinar los valores óptimos de dichos factores. El almidón de plátano muestra ser adecuado como ayuda de floculación, aunque se presentó una sedimentación lenta. La mejor eficiencia de remoción de turbiedad se obtuvo para los siguientes valores de los factores: pH de 5, 50:50 porcentaje en peso de la combinación sulfato de aluminio/almidón de plátano, velocidad de mezcla rápida de 150rpm, velocidad de mezcla lenta de 20rpm. (Daniela Trujillo; Luisa Fernanda Duque; Juan Sebastián Arcila; Alejandro Rincón*; Sebastián Pacheco; & Oscar Fernando Herrera., 2014)

Tabla 1 artículos incluidos en la revisión según palabras claves

Beatriz Escribano Rodríguez de Robles	Metodología de análisis en el tiempo para evaluar la escasez de agua dulce en función de la oferta y de la demanda. Caso de estudio: Los países de la región del golfo de Guinea	2014
Hildebrando Ramírez Arcila ¹ • Jhoan Jaramillo Peralta ² , 3.	AGENTES NATURALES COMO ALTERNATIVA PARA EL TRATAMIENTO DEL AGUA	2015
María S. Rodríguez Álvarez. Liliana B Moraña	Caracterización espacial y estacional del agua de consumo proveniente de diversas fuentes en una localidad periurbana de salta	2017
• Eliet Veliz* • José Guadalupe Llanes • Lidia Asela Fernández • Mayra Bataller •	Coagulación-floculación, filtración y ozonización de agua residual para reutilización en riego agrícola	2015
Hildebrando Ramírez Arcila, Jhoan Jaramillo Peralta	AGENTES NATURALES COMO ALTERNATIVA PARA EL TRATAMIENTO DEL AGUA	2015
CARLOS FERNANDO MERA- ALEGRIA, MADELEINE LIESET GUTIÉRREZ- SALAMANCA, CONSUELO MONTES- ROJAS, JUAN PABLO PAZ- CONCHA	EFECTO DE LA Moringa oleífera EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL CAUCA, COLOMBIA	2016
R. López-Vidal, J.R. Laines-Canepa*, J.R. Hernández-Barajas y M.A. Aparicio-Trápala	EVALUACIÓN DE ALMIDONES DE MALANGA (Colocasia escaleta) COMO AGENTES COADYUVANTES EN EL PROCESO DE REMOCIÓN DE TURBIDIDAD EN LOS PROCESOS DE POTABILIZACIÓN DE AGUA	2014
Arnulfo A. Tarón-Dunoyer, Luis E. Guzmán-Carrillo; Israel Barros-Portnoy	Evaluación de la Cassia fistula como coagulante natural en el tratamiento primario de aguas residuales	2017
Natalia Fuentes Molina Roselis Guerra Benjumea Carla Patricia Ariza	ESTUDIO DE LA APLICACIÓN DE COAGULANTES PARA LA CLARIFICACIÓN DE LAS AGUAS COMO SUSTITUTO DEL SULFATO DE ALUMINIO	2016
MSc. David Choque-Quispe; MSc. Yudith Choque-Quispe II, Mag. Aydeé M. Solano-Reynoso III, Ing. Betsy S. Ramos-Pacheco	Capacidad floculante de coagulantes naturales en el tratamiento de agua	2018

Lozano Florián, Lorena Lizeth	Efecto en la disminución de la turbidez en el agua por floculantes de Opuntia ficus-indica (Tuna) con diferentes procesos de extracción en el río Chonta de Cajamarca, 2018	2018
Bravo Gallardo, Mónica Alejandra	Coagulantes y Floculantes Naturales Usados en la Reducción de Turbidez, Sólidos Suspendidos, Colorantes y Metales Pesados en Aguas Residuales	2017
Rafael Olivero Verbel ² , Alexy Florez Vergara ³ , Luis Vega Fellizola ⁴ , Glenda Villegas de Aguas ⁵	Evaluación de una mezcla para coagulantes naturales, Opuntia ficus y Moringa oleífera en clarificación de aguas ¹	2017
Sonia E. Aguirre Nelson V. Piraneque Rosmery K. Cruz	Sustancias Naturales: Alternativa para el Tratamiento de Agua del Río Magdalena en Palermo, Colombia	2018
CHAVEZ HERRERA SANTIAGO ALBERTO	EVALUACIÓN DE LA ACCIÓN COAGULANTE DE LA SEMILLA DE DURAZNO Y TALLO DE NOPAL: ACLARACIÓN DE AGUAS TURBIAS.	2018
Rafael Enrique Olivero Verbel, Yelitza del Rosario Aguas Mendoza, Iván Darío Mercado Martínez, Diana Paola Casas Camargo, Luz Elena Montes Gazabón.	Utilización de Tuna (opuntia ficus-indica) como coagulante natural en la clarificación de aguas crudas	2014

Las fichas textuales elaboradas con los datos encontradas son:

El fundamento de la operación coagulación – floculación radica en que las partículas que se hallan en suspensión en el agua tienen un carácter eléctrico que las hace recolectora de iones de carga opuesta, formando agregados más grandes llamados “flocs”, los cuales por su mayor peso sedimentarán por gravedad.

Autor: Gonzalo Morales G.

“Electrocoagulación de aguas residuales”

Revista colombiana de física vol. 34 No. 2 .2002.

Colombia

<https://blog.condorchem.com/wp-content/uploads/2011/10/electrocoagulacion-caso-practico.pdf>.

La falta de agua potable en países en vía de desarrollo representa un problema cada día más grande a nivel mundial, por lo que es necesario buscar nuevas y eficientes alternativas que brinden la posibilidad de mejorar la calidad del agua para el consumo humano que sea de fácil acceso y consecución para las poblaciones marginales.

Autor: Hildebrando Ramírez Arcila, Jhoan Jaramillo Peralta

AGENTES NATURALES COMO ALTERNATIVA PARA EL TRATAMIENTO DEL AGUA

universidad militar nueva granada

2015

España

<https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rfcb/article/viewFile/1303/1359>

Se evaluó el efecto floculante del mucílago acuoso, extraído del cactus nopal *Opuntia ficus indica*, sobre los sólidos suspendidos, causantes de la turbiedad y carga contaminante en los lixiviados que se producen en el relleno sanitario de Pírgua de la ciudad de Tunja, Colombia.

Autores: María Cristina Castellanos Corredor, Nathalie del Pilar Becerra Mora, Lizeth Carreño Nury, Leidy Paola Páez Cepeda

ESTUDIO COMPARATIVO DE LA ACCIÓN COAGULANTE-FLOCULANTE DEL MUCILAGO DE *Opuntia ficus indica* POR LOS MÉTODOS: COAGULACIÓN Y ELECTROCOAGULACIÓN EN LOS LIXIVIADOS DEL RELLENO SANITARIO PIRGUA DE TUNJA

Revista aidis

2012

<http://www.revistas.unam.mx/index.php/aidis/article/view/05>

El estudio evaluó la eficiencia del cactus de la tuna para remover el color en agua de río y agua artificial para el consumo humano. Se comparó su desempeño con el coagulante sulfato de aluminio y un floculante catiónico.

Autores: Joaquín Jiménez-Antillón, Joaquín

Vargas-Camareno, Maricruz

Quirós-Bustos, Noemi

Evaluación de la tuna (*Opuntia cochenillifera*) para la remoción del color en agua potable

repositorio tec

2012

<https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/8091>

con el propósito de evaluar la eficiencia de los coagulantes naturales de origen vegetal moringa oleífera, cactus opuntia, algas marinas y almidón de yuca, para la clarificación de las aguas de consumo humano, como sustituto al sulfato de aluminio. Mediante este estudio se analizaron muestras de agua del río Cesar ubicado en La Guajira, la recolección se hizo durante el periodo seco y periodo lluvioso

Autores: Natalia Fuentes Molina Roselis Guerra Benjumea Carla Patricia Ariza

ESTUDIO DE LA APLICACIÓN DE COAGULANTES PARA LA CLARIFICACION DE LAS AGUAS COMO SUSTITUTO DEL SULFATO DE ALUMINIO

ciencia e ingeniería

2016

<http://revistas.uniquajira.edu.co/rev/index.php/cei/article/view/57>

el tratamiento del agua, que incluye la remoción de especies en suspensión, mediante la adición de coagulantes químicos, cuyo uso trae desventajas asociadas a altos costos de adquisición, producción de grandes volúmenes de lodo y el hecho de que afectan el pH del agua tratada.

Autor: Lozano Florián, Lorena Lizeth

Efecto en la disminución de la turbidez en el agua por floculantes de *Opuntia ficus-indica* (Tuna) con diferentes procesos de extracción en el río Chonta de Cajamarca, 2018

Upagu

2018

Perú

<http://repositorio.upagu.edu.pe/handle/UPAGU/721>

e extrajo y caracterizó parcialmente el mucílago del cactus *Stenocereus griseus* (Haw.) F. Buxb, conocido habitualmente como cardón dato (CD). Este material fue dializado y posteriormente separado en dos fracciones, una soluble en agua y otra insoluble, cuya composición y tipos de enlace predominantes fueron analizados mediante espectrofotometría infrarroja, hidrólisis ácida y análisis de metilación

Autores: Manuel Antonio Henríquez-Rodríguez, Juana Pérez, José Gascó, Orlando Rodríguez, Alicia Prieto

CARACTERIZACIÓN BIOQUÍMICA PRELIMINAR DE LOS PRINCIPALES COMPONENTES DEL MUCÍLAGO DEL CARDÓN DATO

Unellez

2009

<http://revistas.unellez.edu.ve/revista/index.php/ruct/article/view/135>

“La contaminación del recurso hídrico, es uno de los problemas ambientales generado por las diferentes actividades antropogénicas, por lo tanto, es oportuno realizar un tratamiento adecuado a las aguas contaminadas por agentes: físicos, químicos y microbiológicos”.

Autor: CHAVEZ HERRERA SANTIAGO ALBERTO

EVALUACIÓN DE LA ACCIÓN COAGULANTE DE LA SEMILLA DE DURAZNO Y TALLO DE NOPAL:
ACLARACIÓN DE AGUAS TURBIAS.

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS SOCIALES

Ecuador

2018

<http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/12400/1/CHAVEZ%20HERRERA%20SANTIAGO%20ALBERTO.pdf>

El estudio determinó el capacidad de sustancias naturales de Moringa, Cactus, Neem y Maíz en el tratamiento del agua del río Magdalena que consumen las comunidades del corregimiento de Palermo, en Colombia. Por medio de la prueba de jarras, se establecieron las dosis óptimas de coagulante, tiempo y velocidad de floculación.

Autores: Sonia E. Aguirre Nelson V. Piraneque Rosmery K. Cruz

Sustancias Naturales: Alternativa para el Tratamiento de Agua del Río Magdalena en Palermo, Colombia

informacion tecnológica

Colombia

2018

https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-07642018000300059&script=sci_arttext&tlng=e

Mediante esta investigación se demostró la eficiencia que tiene el mucilago extraído de la tuna opuntia ficusindica como coagulante natural en la clarificación de aguas crudas.

Autores: Rafael Enrique Olivero Verbel , Yelitza del Rosario Aguas Mendoza , Iván Darío Mercado Martínez, Diana Paola Casas Camargo, Luz Elena Montes Gazabón

Utilización de Tuna (opuntia ficus-indica) como coagulante natural en la clarificación de aguas crudas

owder y technology

Colombia

2014

<http://www.unilibre.edu.co/revistaavances/avances-11/art7.pdf>

Las fichas textuales nos servirán para armar una investigación fiable sobre el tema a investigar.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

En la investigación realizada se encontró artículos relacionados a las palabras claves arrojando un total de floculación 166, coagulación 2073, turbidez 412, aguas residuales 31694 y clarificantes 1624 en la página redalyc, en google académico floculación 4950, coagulación 14100, turbidez 10800, aguas residuales 18200 y clarificantes 302, en scielo floculación 11, coagulación 27, turbidez 22, aguas residuales 127, clarificantes 1. Esta búsqueda se demarco en los años 2014 a 2018

FUENTE	N° REVISTAS/LIBROS POR PALABRA CLAVE				
	FLOCULACION N	COAGULACIÓN N	TURBIDEZ Z	AGUAS RESIDUALES	CLARIFICANTE S
GOOGLE ACADEMICO	4950	14100	10800	18200	302
SCIELO	11	27	22	127	1
REDALYC	166	2073	412	31696	1624
TOTAL	5127	16200	11234	50023	1927

Tabla 2 número de artículos encontrados con las palabras claves en diferentes buscadores

	FLOCULANTES	COAGULANTES
ORGANICOS	2558	2586
INORGANICOS	347	413
TOTAL	2905	2999

nota. - datos obtenidos de REDALYC 2014-2018

Tabla 3 artículos encontrados de floculantes coagulantes

Floculación

tratamiento por potabilización de agua para consumo doméstico, el uso de poli electrolitos en unión con coagulantes metálicos presenta grandes beneficios: i) se produce un floc cuya sedimentación es rápida, y ii) se puede reducir el gasto de coagulante, para el caso de ciertos tipos de aguas tratadas. (Daniela Trujillo; Luisa Fernanda Duque; Juan Sebastián Arcila; Alejandro Rincón*; Sebastián Pacheco; & Oscar Fernando Herrera., 2014)

Este proceso consiste en precipitar los sólidos en suspensión que causan la turbidez de la agua, aclarándola y removiendo material orgánico presente

Coagulación

Para eliminar estas partículas se recurre a los procesos de coagulación y floculación, la coagulación tiene por objeto desestabilizar las partículas en suspensión es decir facilitar su aglomeración. (Yolanda & Cárdenas, 2000)

CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES

Después de lo investigado, concluimos:

-Que la floculación puede ayudar a remover turbiedad en el agua con índice altos de turbidez.

-Los floculantes orgánicos pueden ser tan eficientes como las sales metálicas y de bajo costo y de fácil acceso económico.

-El tiempo de remoción de turbidez de los floculantes orgánicos es más prolongado y es eficiente en velocidad lenta y velocidad rápida de agitación.

-Dependiendo de los floculantes orgánicos la eficiencia y remoción de turbidez es distinta tanto en los cactus como en los almidones.

-Los floculantes orgánicos son más amigables con el medio ambiente y no alteran de manera considerable el agua tratada final haciéndolos ideales para un tratamiento inicial de aguas residuales.

REFERENCIAS

- Daniela Trujillo; Luisa Fernanda Duque; Juan Sebastián Arcila; Alejandro Rincón*; Sebastián Pacheco; & Oscar Fernando Herrera. (2014). Remoción de turbiedad en agua de una fuente natural mediante coagulación/floculación usando almidón de plátano. *Revista ION*, 27(1), 17–34. Retrieved from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-100X2014000100003
- Fuentes Molina, N., Molina Rodríguez, E. J., & Ariza, C. P. (2016). Coagulantes naturales en sistemas de flujo continuo, como sustituto del $Al_2(SO_4)_3$ para clarificación de aguas. *Producción + Limpia*, 11(2), 41–54. <https://doi.org/10.22507/pml.v11n2a4>
- Gonz, C., Especialista, T., & Servicio, A. (2011). 2. La turbidez.
- Guzmán, L., Villabona, Á., Tejada, C., & García, R. (2013). REDUCCIÓN DE LA TURBIDEZ DEL AGUA USANDO COAGULANTES NATURALES : UNA REVISIÓN REDUCTION OF WATER TURBIDITY USING NATURAL COAGULANTS : A REVIEW, 253–262.
- Metodología de análisis en el tiempo para evaluar la escasez de agua dulce en función de la oferta y de la demanda . Caso de estudio : Los países de la región del golfo de Guinea Universidad Politécnica de Cataluña. (n.d.).
- Ramírez Arcila, H., Jhoan, •, & Peralta, J. (2015). Universidad Militar Nueva Granada Agentes Naturales Como Alternativa Para El Tratamiento Del Agua Agents As Natural Alternative for Water Treatment, 136–153. <https://doi.org/10.18359/rfcb.1303>
- Tarón, A. A., Guzmán, L. E., Barros, I., Tarón, A. A., Guzmán, L. E., & Barros, I. (2017). Evaluación de la *Cassia fistula* como coagulante natural en el tratamiento primario de aguas residuales. *Orinoquia*, 21(1), 73. <https://doi.org/10.22579/20112629.396>
- Yolanda, I., & Cárdenas, A. (2000). Tratamiento de agua coagulación y floculación.
- Daniela Trujillo; Luisa Fernanda Duque; Juan Sebastián Arcila; Alejandro Rincón*; Sebastián Pacheco; & Oscar Fernando Herrera. (2014). Remoción de turbiedad en agua de una fuente natural mediante coagulación/floculación usando almidón de plátano. *Revista ION*, 27(1), 17–34. Retrieved from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-100X2014000100003
- Fuentes Molina, N., Molina Rodríguez, E. J., & Ariza, C. P. (2016). Coagulantes naturales en sistemas de flujo continuo, como sustituto del $Al_2(SO_4)_3$ para clarificación de

aguas. *Producción + Limpia*, 11(2), 41–54. <https://doi.org/10.22507/pml.v11n2a4>

Gonz, C., Especialista, T., & Servicio, A. (2011). 2. La turbidez.

Guzmán, L., Villabona, Á., Tejada, C., & García, R. (2013). REDUCCIÓN DE LA TURBIDEZ DEL AGUA USANDO COAGULANTES NATURALES: UNA REVISIÓN REDUCTION OF WATER TURBIDITY USING NATURAL COAGULANTS : A REVIEW, 253–262.

Metodología de análisis en el tiempo para evaluar la escasez de agua dulce en función de la oferta y de la demanda . Caso de estudio : Los países de la región del golfo de Guinea Universidad Politécnica de Cataluña. (n.d.).

Ramírez Arcila, H., Jhoan, •, & Peralta, J. (2015). Universidad Militar Nueva Granada Agentes Naturales Como Alternativa Para El Tratamiento Del Agua Agents As Natural Alternative for Water Treatment, 136–153. <https://doi.org/10.18359/rfcb.1303>

Tarón, A. A., Guzmán, L. E., Barros, I., Tarón, A. A., Guzmán, L. E., & Barros, I. (2017). Evaluación de la Cassia fistula como coagulante natural en el tratamiento primario de aguas residuales. *Orinoquia*, 21(1), 73. <https://doi.org/10.22579/20112629.396>

Yolanda, I., & Cárdenas, A. (2000). Tratamiento de agua coagulación y floculación.