

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

Uso de coagulantes naturales como alternativas de reducción de la turbidez. Una revisión

Por:

Lizbeth Ynofuente Quispe

Magali Flores Condori

Asesor:

MSc. Rose Adeline Callata Chura

Juliaca, agosto de 2020

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

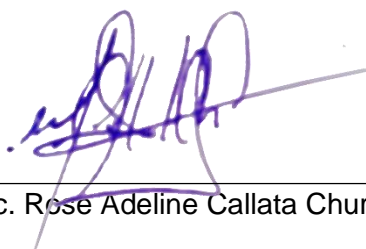
MSc. Rose Adeline Callata Chura, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: “USO DE COAGULANTES NATURALES COMO ALTERNATIVAS DE REDUCCIÓN DE LA TURBIDEZ. UNA REVISIÓN” constituye la memoria que presentan las estudiantes Lizbeth Ynofuente Quispe y Magali Flores Condori para aspirar al grado académico de bachiller en Ingeniería Ambiental, cuyo trabajo de investigación ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este trabajo de investigación son de entera responsabilidad de los autores, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Juliaca, a los 15 días del mes de septiembre del año 2020



MSc. Rose Adeline Callata Chura

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiari, a 06 día(s) del mes de agosto del año 2020 siendo las 14:30 horas.

se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión campus Juliaca, bajo la dirección del (de la)

presidente(a) Ing. Juan Eduardo Vigo Rivera

secretario(a) Ing. Verónica Haydee Pari Mamani y los demás miembros

Ing. Renny Daniel Diaz Aguilar

y el(la) asesor(a) Msc. Rose Ardeline Gallata Chura

con el propósito de administrar el acto académico de sustentación del trabajo de

investigación titulado: Uso de coagulantes naturales como alternativas de reducción de la turbidez. Una revisión.

de los (las) egresados (as): a) Lizbeth Ynofuente Quispe

b) Magali Flores Gondori

conducente a la obtención del grado académico de Bachiller en

Ingeniería Ambiental
(Denominación del Grado Académico de Bachiller)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando a los candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por los candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato/a (a): Lizbeth Ynofuente Quispe

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>15</u>	<u>B-</u>	<u>Buena</u>	<u>Muy Buena</u>

Candidato/a (b): Magali Flores Gondori

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>15</u>	<u>B-</u>	<u>Buena</u>	<u>Muy Buena</u>

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó a los candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

Presidente/a



Secretario/a

Asesor/a

Miembro

Miembro

Candidato/a (a)

Candidato/a (b)



Uso de coagulantes naturales como alternativas de reducción de la turbidez. Una revisión

Lizbeth Ynofuente Quispe^{a*}, Magali Flores Condori^a, Rose Adeline Callata Chura^b

^aEstudiante de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la EP Ingeniería Ambiental, Universidad Peruana Unión

^bEstudiante de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la EP Ingeniería Ambiental, Universidad Peruana Unión

Resumen

Actualmente para la remoción de la turbidez de aguas para el consumo humano se emplean coagulantes químicos, siendo los principales el sulfato de aluminio $Al_2(SO_4)_3$ y el cloruro férrico $FeCl_3$, pero éstos tienen desventajas como llegar a ser tóxicos si son ingeridos a concentraciones mayores a 0.1 mg/L ocasionando daños a la salud como el Alzheimer y también por sus altos costos de adquisición frente a ello el objetivo de este artículo fue identificar los coagulantes naturales utilizados como alternativas de reducción de la turbidez en el tratamiento de aguas para el consumo humano. La metodología utilizada fue la revisión bibliográfica de investigaciones realizadas en diferentes revistas científicas publicadas. Los estudios encontrados demuestran que los coagulantes naturales son eficientes en cuanto a la remoción de turbidez del agua, siendo algunos coagulantes con mayor eficiencia que otros. Por lo tanto, la moringa, la tuna, el dale dale, la caña fistula, el *Cedrela odorata*, el durazno y el quitosano son coagulantes naturales utilizados en la reducción de la turbidez.

Palabras clave: coagulantes naturales, tratamiento de aguas, turbidez.

Abstract

Currently, to remove turbidity from water for human consumption, chemical coagulants are used, the main ones being aluminum sulfate $Al_2(SO_4)_3$ and ferric chloride $FeCl_3$, but these have disadvantages such as becoming toxic if they are ingested at concentrations greater than 0.1 mg / L causing damage to health such as Alzheimer's and also due to its high acquisition costs. The objective of this article is to identify the natural coagulants used as alternatives to reduce turbidity in the treatment of water for human consumption. The methodology used was the bibliographic review of research carried out in different published scientific journals. The studies show that natural coagulants are efficient in terms of removing turbidity from the water, some coagulants being more efficient than others. Therefore, moringa, tuna, dale dale, caña fistula, *Cedrela odorata*, peach and chitosan are natural coagulants used in reducing turbidity.

Keywords: natural coagulants, water treatment, turbidity.

1. Introducción

En la actualidad, para la remoción de turbidez de aguas para consumo humano se utiliza coagulantes químicos, esto desde los años sesentas (Trejo & Hernández, 2004), siendo el más usado el sulfato de aluminio $Al_2(SO_4)_3$ y el cloruro férrico $FeCl_3$ (Barrenechea, 2004). Sin embargo, existen algunos inconvenientes relacionados al uso de estos coagulantes, como los elevados costos de adquisición, producción de grandes cantidades de lodo además que afectan significativamente el pH del agua tratada (Guzman, Villabona, Tejada & Garcia, 2013). Según Costa, Almeida, Magosso & Segura (2008) el sulfato de aluminio se asocia con la enfermedad del Alzheimer en los seres humanos, a causa de la presencia de aluminio en el agua tratada (Flaten, 2001). Por otro lado Miller, Fugate, Craver, Smith & Zimmerman (2008) plantean que la exposición a concentraciones mayores de 0.1 mg/L de Aluminio generan toxicidad en el agua.

Ante esta problemática, existen alternativas sostenibles para el tratamiento del agua, siendo una de estas opciones el uso de coagulantes naturales, comúnmente conocidos como polímeros naturales (Jiménez & Piscal, 2015). Estos polímeros han llegado a ser de gran interés para muchos investigadores, debido a que no generan efectos altamente nocivos al ambiente y a la salud de los seres humanos, dada su naturaleza orgánica; asimismo, se puede obtenerlos a un bajo costo (Bravo, 2017).

De acuerdo con Rodríguez, et al. (2015), evaluaron la influencia del quitosano como coagulante en el tratamiento de agua para consumo humano con turbidez inicial de 1500 NTU a una dosis óptima de 40mg/L y remoción de 99.9% de turbidez. Por otro lado, Villabona, Paz, & Martinez (2013), evaluaron la tuna (*Opuntia ficus-indica*) como coagulante, con una turbidez inicial de

*Autor de correspondencia:

Km.6 carretera interoceánica, Chullunquiani, Juliaca

Cel:910399740-966413623

E-mail: lizbeth.yq@upeu.edu.pe, magali.fc@upeu.edu.pe

172 NTU obteniendo 70 % de remoción sin alterar el pH. Mendoza et al.(2000), evaluaron la *Moringa oleifera* como coagulante para potabilización del agua con turbidez inicial de 7 a 49NTU, los resultados fueron de 0.5 y 1.5 NTU, respectivamente.

Teniendo como base estos estudios, el objetivo fue identificar los coagulantes naturales utilizados como alternativas de reducción de la turbidez en el tratamiento de aguas para el consumo humano, a través de búsqueda de información en diferentes revistas científicas publicadas.

2. Revisión bibliográfica

2.1. Calidad del Agua

Según Chang (2009), la calidad de agua se refiere a los atributos que presenta el agua, de tal manera que reúna criterios de aceptabilidad para diversos usos. Para determinar si el agua califica para una finalidad en particular, su calidad debe especificarse en función del uso que se le va a dar. Bajo estas consideraciones, se considera que el agua está contaminada cuando sufre cambios que afectan su uso real o potencial. La calidad del agua está caracterizado por su composición física-química y biológica (CEPIS, 2004).

2.2. Turbidez

El termino turbidez se refiere a la presencia de material particulado en forma de coloide, que causa la reducción de su transparencia (Alvarado , 2011) . Estas partículas se clasifican en: arcillas, limo, tierra finamente dividida, etc. En cuanto a la medición de la turbidez, ésta se realiza mediante un turbidímetro, y se expresa en Unidades Nefelométricas de Turbiedad (UNT) (CEPIS, 2004).

2.3. Coagulación

La coagulación es un proceso de desestabilización de las partículas coloidales que se ejercen al neutralizar las fuerzas que los mantienen separados, esta desestabilización de partículas se ejecuta por medio de la adición de los coagulantes químicos y la aplicación de la energía de mezclado (Andía, 2000).

2.2.1. Coagulantes más utilizados

Los coagulantes químicos más utilizados para desestabilizar las partículas y producir el floc son: Sulfato de Aluminio, Aluminato de Sodio, Cloruro de Aluminio, Cloruro Férrico, Sulfato Férrico, Sulfato Ferroso (Andía, 2000).

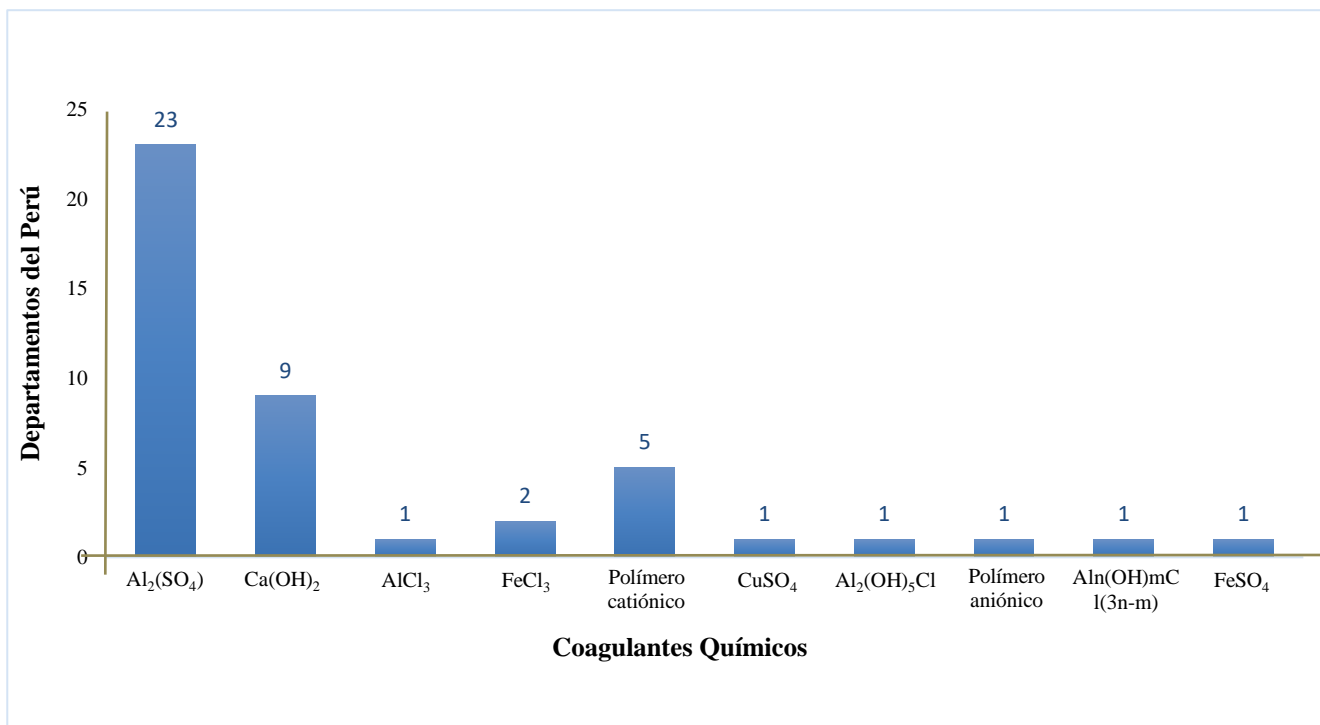


Figura 1: Coagulantes químicos utilizados en el Perú
 Fuente: (SUNASS, 2020)

De acuerdo a la **Figura 1**, se deduce que, los coagulantes químicos más utilizados en las plantas de tratamiento de agua potable en los departamentos del Perú son; Sulfato de Aluminio $Al_2(SO_4)_3$, Cal Hidratada y Polímero Catiónico. La elección de diferentes coagulantes sintéticos en las PTAP se debe a los factores que influyen en el proceso de la coagulación como el pH, la turbidez, temperatura, sales disueltas, temperatura del agua, tipo de coagulante utilizado, condiciones de mezcla, sistema de aplicación de los coagulantes, tipos de mezcla y el color (Andía, 2000). Pero Blog Fibras & Normas (2020) indican que los parámetros más importantes son el pH, concentración de dosis y la temperatura.

2.2.2. Factores que influyen en la Coagulación

Los factores para optimizar el proceso de coagulación son: pH, turbidez, sales disueltas, temperatura del agua, tipo de coagulante utilizado, condiciones de mezcla, sistema de aplicación de los coagulantes, tipos de mezcla y el color (Andía, 2000).

2.4. Tipos de Coagulantes

2.4.1. Coagulantes Metálicos

Los coagulantes metálicos han sido utilizados para el tratamiento de agua cruda y tienen la capacidad de actuar como coagulantes - floculantes, cuando son disueltos forman compuestos complejos hidratados (Romero, 2000).

2.4.2. Coagulantes Naturales

También conocidos como bio-coagulantes y polímeros naturales que son fuente alternativa que aún no se ha explotado completamente; se producen de manera espontánea, debido a reacciones bioquímicas (Guzman et al., 2013), éstos polímeros naturales se han usado por más de 4000 años en África, India y China como coagulantes, asimismo actúan como floculante en aguas con alta turbidez (Asrafuzzaman, Fakhuruddin & Alamgir, 2011). Los coagulantes naturales son extraídos a partir de tejidos de animales o vegetales (Andía, 2000); son seguros, amigables con el ambiente y tienen una mínima o nula toxicidad, muchos de ellos presentan alto contenido de proteínas y carbohidratos solubles en agua (Lee et al., 1995). Por otro lado, Banchón et al., (2016) mencionan que los compuestos coagulantes son; proteínas, polisacáridos, mucilagos, taninos y alcaloides que permiten la desestabilización de los sólidos suspendidos y la remoción de sólidos disueltos produciendo menor cantidad de lodos residuales; además esta producción es cinco veces menor que lo que generan los coagulantes químicos. Asimismo, los coagulantes naturales no consumen alcalinidad al igual que el sulfato de aluminio y cloruro férrico, entonces tampoco generan cambios en el pH.

Los coagulantes naturales pueden tener una remoción igual e incluso superior a los de origen químico. Algunos de estos son almidones de origen natural, alginatos y polisacáridos naturales tales como la celulosa, gomas y quitosano (Nieto & Orellano, 2011).

2.3.2.1. Propiedades de los coagulantes naturales

Los polímeros naturales son complejos en su composición química, están constituidos principalmente por varios tipos de polisacáridos y proteínas. Algunos de ellos tienen propiedades coagulantes o floculantes y en muchos lugares son usados en forma empírica para aclarar el agua turbia, con resultados satisfactorios (Choque et al., 2018). Muchos de estos polímeros no tienen una sola composición química, sino están constituidos por varios tipos de Polisacáridos (almidón, celulosa, glucosidos y otros) y proteínas (caseína, gelatina, olieratina y otros) (Escobar, 2018); (Moscozo, 2015). Además de poseer propiedades coagulantes también poseen propiedades antimicrobianas (Okuda et al., 2001), por lo que reducen o eliminan el contenido de microorganismos patógenos que producen enfermedades (Cabrera & Ramirez, 2014).

Aunque se han reportado numerosos coagulantes de origen natural, solo cuatro tipos son conocidos entre la comunidad científica; semillas de nirmali, *Moringa oleífera*, taninos y cactus (Yin, 2010).

Los cactus son altamente ramificados y contienen proteínas, saponinas, flavonoides, sales minerales de calcio y hierro presentes en la planta; no son los responsables de su poder coagulante, debido a las pequeñas proporciones encontrados en ellas (Villabona, Paz & Martínez, 2013); sin embargo Almendárez (2004); Arboleda (1992) y Lozano (2018) indican que el alto contenido de carbohidratos pueden favorecer la coagulación. Así también el ácido galacturónico es un componente principal (Hernandez et al., 2008). Por otro lado Miller et al., (2008) afirma que añadir de manera independiente el ácido galacturónico reduce la turbidez al 50% y señala que pueden haber otros componentes adicionales que se encuentren en el *Opuntia ficus*.

Las semillas de moringa son coagulantes que poseen alto contenido de proteínas catiónicas, son solubles en agua con una carga neta positiva. Este coagulante actúa neutralizando y desestabilizando las cargas negativas de las partículas coloidales en suspensión (Folkard & Sutherland, 1996); (Arias & Godino, 2014); (Feria, Bermúdez & Estrada, 2014). La moringa no solo reduce la turbiedad sino también posee propiedades anti-microbianas, reduce metales y dureza presentes en el agua (Tenorio, Nuñez & Guzmán, 2008).

Las semillas del durazno contienen proteínas y almidón que son los responsables de la coagulación, en particular las proteínas al presentarse de forma catiónica desestabilizan las partículas coloidales de carga negativa (Barbarán, López & Chico, 2017).

El quitosano por ser un polímero catiónico tiene la capacidad de solvatar y neutralizar la carga negativa de los sólidos coloidales que se encuentran en el agua, produciendo la coagulación (Rosero & Suárez, 2019).

Tabla 1:
Propiedades de los coagulantes naturales

Coagulante	Tipo	Contenido de almidón %	Proteínas %	Quitosano %
Camarón	Quitosano	-	53.1 (Alava, 2015)	16.1 (Alava, 2015)
Tuna	Mucilago	72.9 (Abraján, 2008)	4.0 (Abraján, 2008)	
Moringa	Almidón	5.5 (Ramos J., 2015)	27.1 (Ramos J., 2015)	
Dale dale	Almidón	86,51 (Vega, 2019)	5,13 (Vega, 2019)	
Durazno	Semilla	-	33.28 (Matos & Acuña, 2010)	
Caña fistula	Almidón	-	5.1-6 (Guzmán, Taron, & Nuñez, 2015)	

Tabla 2:
Comparación de los coagulantes y su efectividad en la remoción

Coagulantes	pH	T°	Turbiedad inicial NTU	Turbiedad final NTU	Concentración %	% de remoción	Dosis (mg/l)	Referencia
(<i>Moringa oleífera</i>)	8	26.3	90	2	1	>90	4,5-17.5	(Feria, Bermúdez, & Estrada, 2014)
(<i>Moringa oleífera</i>)	8.1-9.1	-	18 – 21; 38 – 42; 130 - 135	0.3 - 1.5	2	94.0-99.0	100-200	(Babu & Chaudhuri, 2005)
(<i>Moringa oleífera</i>)	8	-	489	1.7	1	99.5	45	(Olivero, Florez, Vega, & Villegas, 2017)
(<i>Moringa oleífera</i>)	6.8	19-25	219	0	1	100	250	(Pritchard, Mkandawire, O'Neill, Edmondson, & Kululanga, 2009)
(<i>Moringa oleífera</i>)	7.45	23	297	1.6	-	93.10	20	(Vela, 2016)

Tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>)	7.02	20	200	1.85	50	99.8	450	(González, Marcano, Mendoza, & Fuentes, 2009)
Tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>)	7	105	97.67	1.78	10	98	40	(Contreras, Mendoza, Salcedo, Olivero, & Mendoza, 2015)
Tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>)	7-9	-	500	70.63	0.5	86	90	(López, 2018)
Tuna (<i>Opuntia ficus indica mil</i>)	7.65	-	163	9.20	-	94.49	150	(Vargas, 2018)
Penca (<i>Hylocereus lemairei</i>)	7.28	25	70	1.26	5	98.20	25	(Mendoza, y otros, 2008)
<i>Cedrela odorata</i>	6.5	-	100	2-4,5	10	98	10	(Mejias, Chavez, Chacin, & Fernandez, 2010)
Dale dale (<i>Calathea allouia</i>)	-	-	22,5	2	5	84,52	45	(Vega, 2019)
Durazno (<i>Prunus persica</i>)	6.3	-	1302	91.8	-	92.95	15	(Barbarán, López, & Chico, 2017)
Quitosano	7.1	27	1500	1.9	1	99.9	40	(Rodríguez, Cruz, López, Ricaurte, & Morales, 2015)
Caña fistula (<i>Cassia fistula</i>)	6,53	-	120	6	1	95	20	(Guzmán et al., 2015)

Aplicación de la *Moringa oleifera*

La aplicación de la moringa en una comunidad rural, para el tratamiento de 20 Lt de agua turbia, se debe emplearse 2g de almidón de *Moringa oleifera*, lo cual corresponde a 20 almendras trituradas. Sin embargo, si el agua no está demasiado turbia se puede usar una sola almendra por cada 2 Lt. Cabe resaltar que cada almendra posee 0.1 g de almidón. La solución madre será preparada al 2% ya que son más eficaces, esto implica que 2g de polvo deben diluirse en 100 ml de agua. Esta solución madre debe ser conservada a una temperatura de 18-19°C por tres días y refrigerada por una semana. Seguido a ello remover rápidamente el agua a tratar mientras se vierte con vigor la solución madre. La agitación rápida debe mantenerse entre 30-60 segundos y 2 minutos. La velocidad debe ser de (18-20 rpm) durante 5-15 minutos. Luego, reposar el agua en el recipiente por un tiempo de 1-2 horas. Por último, hervir el agua o añadir una sustancia que destruya los microorganismos patógenos, en este caso el cloro (uno o dos gotas por litro) para desinfectar y evitar el peligro para el consumo humano (Coronel, 2018) y (Navarro, 2015).

Conclusión

Se identificó a la moringa, tuna, caña fistula, el *Cedrela odorata*, durazno y el quitosano como coagulantes naturales utilizados en la reducción de la turbidez. Además se puede indicar que los coagulantes más estudiados y que han demostrado mayor porcentaje de remoción de turbidez son la *Moringa oleifera* con 90-100% de eficiencia, luego el quitosano con 99.9% de eficiencia y la *Opuntia ficus-índica* con 98-99.8% de eficiencia. También estos coagulantes naturales tienen diferentes composiciones químicas que son las responsables de llevar a cabo el proceso de coagulación. Finalmente, estos coagulantes naturales no generan efectos nocivos al ambiente y a la salud humana, debido a su naturaleza orgánica, son de bajo costo y los lodos producidos en el tratamiento de aguas son biodegradables. Pese a estas bondades, en las Plantas de Tratamiento de Agua Potable de nuestro país, aun se usan en gran proporción, el sulfato de aluminio $Al_2(SO_4)_3$, la cal hidratada y el polímero catiónico.

Referencias

- Abraján, M. (2008). Efecto del método de extracción en las características químicas y físicas del mucílago del Nopal (*Opuntia ficus indica*) y estudio de su aplicación como recubrimiento comestible. *Universidad tecnica de Valencia*, 6-100.
- Alava, J. (2015). Aplicación de quitosano como biocoagulante en aguas residuales contaminadas con hidrocarburos. *ResearchGate*, 52-64.
- Almendárez, N. (2004). Comprobación de la efectividad del cuagulante (cochifloc) en aguas del lago Maguana "Piedras Azules". *Iberoamericana de Polimeros*, 46-54.
- Alvarado, N. L. (2011). uso de las cascaras de papa como coagulante natural en el tratamiento de guas potables de la planta "La diana". *instituto Cenis de Colombia*, 118.
- Andía, Y. (2000). *Tratamiento de agua: Coagulación y Floculación*. Lima: SEDAPAL.
- Arboleda, J. (1992). Teoría y práctica de la purificación del agua. *editorial Acodal*, 1-19.
- Arias, C., & Godino, M. (2014). Estudio de las posibles zonas de introducción de la *Moringa Oleifera* Lam en la península Ibérica, Islas Baleares e islas canarias. *Universidad Politécnica de Madrid*, 58-59.
- Asrafuzzaman, M., Fakhuruddin, A., & Alamgir, M. (2011). Reduction of Turbidity of Water Using Locally Available Natural Coagulants. *Indawi*, 6.
- Babu, R., & Chaudhuri, M. (2005). *Home water treatment by direct filtration with natural coagulant*. India: Indian Institute of Technology.

- Badui, S. (2006). *Química de los alimentos*. Mexico: Pearson educación .
- Banchón , C., Baquerizo, R., Muñoz, D., & Zambrano, L. (2016). Coagulación natural para la descontaminación de efluentes industriales. *Enfoque UET*, 1-16.
- Barbarán , H., López, J., & Chico, J. (2017). Remoción de la turbiedad de agua con coagulantes naturales obtenidos de semilla de durazno (*Prunus persica*) y palta (*Persea americana*). *Sagasteguiana*, 2-7.
- Barrenechea, A. (2004). Capítulo 4: Coagulación. En L. Vargas, *Tratamiento de agua para consumo humano* (págs. 151-174). Lima: CEPIS/OPS.
- Blog Fibras & Normas. (24 de junio de 2020). *Terminos y Definiciones*. Obtenido de COAGULACION Y FLOCULACION: DEFINICION, TIPOS Y FACTORES: <https://blog.fibrasynormasdecolumbia.com/coagulacion-floculacion-definicion/#:~:text=El%20pH%20es%20el%20factor,depende%20tanto%20del%20tipo%20de>
- Bravo, M. (2017). Coagulantes y floculantes naturales usados en la reducción de turbidez, solidos suspendidos, colorantes y metales pesados en aguas residuales. *Universidad Distrital Francisco Jose Caldas*, 24-25.
- Bromovsky, L. (2015). Cereales . *Universidad Nacional de Misiones*, 2-8.
- Broncano, L., & Rosario, N. (2006). Eficiencia de *Tropaeolum tuberosum* y la cáscara de *Solanum tuberosum* como coagulante para la remoción de turbiedad, color y sólidos disueltos disueltos en el río Lullán, provincia de Caraz. *Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo*, 7-10.
- Cabrera, G., & Ramirez, J. (2014). Almidón extraído de la yuca (*Manihot esculenta crantz*) como cuagulante alternativo para el tratamiento del agua de la quebrada Yamuesquer municipio de Potosí. *Universidad de Nariño* , 29-32.
- Cartwright, P. (2009). Tratamiento y Reuso del Agua en Aplicaciones Comerciales /Industriales. *Agua Latinoamérica*, 20-24.
- CEPIS. (2004). *Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida (Tomo 1)* . Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.
- Chalco, M. (2016). *Determinación de la efcieincia del almidón de papa (Solanum tuberosum) como auxiliar de coagulación del sulfato de aluminio*. Tacna: UNJBG.
- Chang, J. (2009). *Calidad del agua*. Guayaquil: ESPOL.
- Choque, D., Choque, Y., Solano, A., & Ramos, B. (2018). Capacidad floculante de coagulantes naturales en el tratamiento de agua. *Universidad nacional Jose Maria Arguedas*, 2-5.
- Contreras, K., Mendoza, Y., Salcedo, G., Olivero, R., & Mendoza, G. (2015). *El Nopal (Opuntia ficus-indica) como coagulante natural complementario en la clarificación de agua** . Colombia: Producción + Limpia.
- Coronel, D. (2018). *Análisis de la efectividad de la semilla de Moringa oleifera Lam. 1783 como coagulante para tratamiento de agua potable*. Colombia: Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD.
- Costa, P., Almeida, K., Magosso, A., & Segura, S. (2008). Aluminio como fator de risco para a doença de alzheimer. *SciELO*, 12.
- Cruz, P. V. (2004). Aprovechamiento integral y racional de la tara *Caesalpinia spinosa*-*Caesalpinia tinctoria*. *Unoversidad Nacional Mayor de San Marcos*.
- Davila, M., Huaman, M., Flores, J., Polo, R., & Araujo, N. (2018). Efectividad de especies naturales como ayudantes de Coagulación, para la clarificación de aguas turbias en épocas de avenidas en caseríos y centros poblados de Huaraz y Callejón de Huaylas.
- Dempsey, B. (2006). *Coagunt Characteristics and reactions*. EE.UU: Elsevier.
- Eliasson, A. C. (2004). *Starch in food Structure, function and applications*. suecia : Woodhead publishing limited.
- Escobar , L. (2018). Eficiencia de *Armatocereus* y *Espositoa mirabilis* en la remocion de solidos suspendidos totales en el agua para consumo humano del distrito de Balzas- Amazonas. *Universidad Nacional de Cajamarca*, 21-25.
- Espín, S., Villacrés, E., & Brito, B. (1999). caracterización físico-química, nutricional y funcional de raíces y tubérculos andinos. *Ambato*, 92-94.
- Feria, J., Bermúdez, S., & Estrada, A. (2014). *Eficiencia de la semilla Moringa Oleifera como coagulante natural para la remoción de la turbidez del río Sinú*. Montería: Producción + Limpia.
- Flaten, T. P. (2001). Aluminium as a risk factor in Alzheimer's disease, with emphasis on drinking water. *Elsevier*, 2-6.
- Folkard, G., & Sutherlad, J. (1996). *Moringa Oleifera un árbol con enormes potenciales*. Costa Rica : Agroforestry.
- González, Y., Marcano, N., Mendoza, I., & Fuentes, L. (2009). *Efectividad de una suspensión de Opuntia ficus- indica (L.) Mill. (Cactaceae) en la clarificación de aguas sintéticas con alta turbidez*. Venezuela: Impacto Científico.
- Gracia, B. (2007). Metodología de extracción in situ de coagulantes naturales para la clarificación de agua superficial. Aplicación en países en vías de desarrollo. *Universidad Politecnica de Valencia*, 9-11.
- Guzman , L., Villabona, Á., Tejada, C., & García, R. (2013). Reducción de la turbidez del agua usando cogulantes naturales. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 10.
- Guzmán, L., Taron, A., & Núñez, A. (2015). Polvo de la semilla *Cassia Fistula* como coagulante natural en el tratamiento de agua cruda. *Biotecnología en el sector Agropecuario y Agroindustrial*, 2-7.
- Hernandez, M., Torruco, J., Chel, L., & Betancur, D. (2008). caracterizacion fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatan, México. *SciELO*, 723-725.
- Jiménez, D., & Piscal, B. (2015). *Estudio y Evaluación del almidón de Maíz como alternativa natural en el proceso de coagulación de agua para consumo humano*. San Juan de Pasco: Universidad de Nariño.
- Kiely, G., & Veza, J. (1999). *fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión*. España: McGraw-Hill Interamericana de España.
- Lázaro, J., & Sotelo, M. (2017). Optimización por diseño de mezcla de un snack de grits de maíz amarillo (*Zea mays*), arina de quinua (*Chenopodium quinua* y harina de garbanzo (*Cicer arietinum*) obtenido mediante extrusión. *Universidad nacional del santa*, 47-50.
- Lee, S. H., Lee, S. O., Jang, K. L., & Lee, T. H. (1995). *Floculante Microbiano de Arcuadendron SP-49*. Corea: Biotechnol.

- López, M. (2018). *Evaluación del uso de la Cactácea Opuntia ficus-indica como coagulante natural para el tratamiento de aguas*. Lima: Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Lozano, L. (2018). 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. *Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo*.
- Matos, A., & Acuña, J. (2010). Influencia del Tiempo, Tamaño de Partícula y Proporción Sólido Líquido en la Extracción de Aceite Crudo de la Almendra de Durazno (Prunus persica). *ciencia y tecnología de alimentos*, 1-6.
- Mejias, D., Chavez, M., Chacin, E., & Fernandez, N. (2010). Uso potencial del exudado gomoso de Cedrela odorata como agente coagulante para el tratamiento de las aguas destinadas a consumo humano. *revista forestal Venezolana*, 2-7.
- Mendoza, I., Fernández, N., Ettiene, G., & Díaz, A. (2000). Uso de la Moringa Oleifera como coagulante en la potabilización de las aguas. *Ciencia*, 2-8.
- Mendoza, I., Fuentes, L., Caldera, Y., Perdomo, F., Suárez, A., Mosquera, N., & Arismendi, H. (2008). Eficiencia de Hylocereus lemairei como coagulante-floculante en aguas para consumo humano. *Impacto científico*, 3-18.
- Miller, S., Fugate, E., Craver, V., Smith, J., & Zimmerman, J. (2008). Toward Understanding the Efficacy and Mechanism of Opuntia spp. as a Natural Coagulant for Potential Application in Water Treatment. *Environmental Scielo*, 6.
- Moscozo, L. (2015). Uso de almidón de yuca como sustituto del sulfato de aluminio en el proceso de coagulación-floculación en sistemas de tratamiento de aguas para potabilización. *Universidad de San Carlos Guatemala*, 28-30.
- Navarro, P. (2015). *Moringa oleifera un aliado en la lucha contra la desnutrición*. Madrid: Acción contra el Hambre.
- Nieto, C., & Orellano, V. (2011). Aplicación del Quitosano como promotor de floculación para disminuir la carga contaminante. *Universidad Politecnica Salesiana*.
- Ojeda, L. (2012). Determinación de la eficiencia de las características coagulantes y floculantes del Tropaeolum Tuberosum, en el tratamiento de agua cruda de la planta de Puengasi de EPMA.
- Okuda, T., Baes, A., Nishijima, W., & Okada, M. (2001). Isolation and characterization of coagulant extracted from Moringa oleifera seed by salt solution. *SciencDirect*, 405-410.
- Olivero, R., Florez, A., Vega, L., & Villegas, G. (2017). *Evaluación de una mezcla para coagulantes naturales, Opuntia ficus y Moringa oleifera en clarificación de aguas*. Universidad del Atlántico: Producción + Limpia.
- Pritchard, M., Mkandawire, T., O'Neill, J., Edmondson, A., & Kululanga, G. (2009). *Potential of using plant extracts for purification of shallow well water in Malawi*. República de Malawi: Sciencedirect.
- Quiñonez, H. (2013). Extracción y caracterización del almidón del plátano de seda (Musa acuminata) y plátano enano (Musa cavendishii). *Universidad Nacional del Altiplano*, 12-60.
- Ramos, J. (2015). Emprendimiento emprendedor orgánico y Moringa en Camboya. *Copyright*, 2-8.
- Ramos, R., Sepúlveda, R., & Villalobos, F. (2002). *El agua en el medio ambiente, muestreo y análisis*. México: Plaza y Valez S.A.
- Rashmi, S., Bhattacharya, B., & Singh, V. (2002). Cassia semilla de angustifolia como coagulante natural eficaz para decoloración del tinte soluciones. *Green Chemistry*, 252-254.
- Rodríguez, Y., Cruz, G., López, W., Ricaurte, L., & Morales, M. (2015). *Uso de un polímero natural (Quitosano) como coagulante durante el tratamiento de agua para consumo*. Colombia: Universidad Popular del Cesar.
- Romero, J. (2000). *Calidad del Agua*. México: Alfaomega.
- Rosero, J., & Suárez, M. (2019). Efectos de la contaminación de Quitosano en la disminución de los sólidos suspendidos en el agua de ingreso a la planta de tratamiento de Bellavista. *FIGEMPA investigación y desarrollo*, 1-6.
- Solís, R., Laines, J., & Hernández, J. R. (2012). *Mezclas con potencial coagulante para clarificar aguas superficiales*. México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
- SUNASS. (2020). *Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento*. Obtenido de Estudios Tarifarios: <https://www.sunass.gob.pe/websunass/index.php/eps/estudios-tarifarios/finales-estudios-tarifarios>
- Tenorio, E., Nuñez, E., & Guzmán, R. (2008). Validación de la aplicación de la semilla de Moringa oleifera producida en el sur de Honduras como coagulante natural del agua destinada a consumo humano en la región del Yeguaré, Honduras. *Escuela Agrícola Panamericana, EAP- Zamorano*, 4-6.
- Tito, R. M. (2018). Evaluación de la eficacia del almidón de tres variedades de papa (Solanum tuberosum) como auxiliar del sulfato de aluminio en el tratamiento de agua para consumo humano en condiciones altoandinas. *universidad peruana union*, 38-41.
- Trejo, R., & Hernández, V. (2004). Riesgos a la salud por presencia del aluminio en el agua potable. *Ciencia tecnología*, 25.
- Valeriano, J., & Matos, R. (2019). *Influencia de la Goma de Tara (Caesalpinia spinosa) como Ayudante en el Proceso de Coagulación-Floculación para la Remoción de Turbidez de una Suspensión Artificial de Bentonita*. Lima: Scielo.
- Vargas, J. (2018). Comparación de la capacidad coagulante del Opuntia ficus indica mill de tres departamentos para el tratamiento de aguas del río Chillón-AAHH Santa Cruz del norte. *Universidad Cesar Vallejo*, 33-40.
- Vega, L. (2019). Uso del almidón de Calathea alloveria Dale dale para remover parámetros de turbidez y colocar en aguas de consumo humano. *Universidad Cesar Vallejo*, 2-6.
- Vela, C. T. (2016). *Disminución de la turbidez utilizando coagulante natural Moringa oleifera en aguas obtenidas del río Alto Chicama, puente Ingón, Trujillo 2016*. Trujillo: Universidad César Vallejo.
- Vilavila, S. B. (2018). *Determinación de la remoción de la turbidez de agua del río Ayaviri en la zona de captación para consumo humano empleando polímero de goma de Tara - Puno, 2018*. Puno: Universidad Peruana Unión.
- Villabona, A., Paz, I., & Martínez, J. (2013). Characterization of Opuntia Ficus-indica for using as a natural coagulant. *Scielo*, 2-6.

Yin, C. (2010). Uso de emergentes de coagulación de origen vegetal para el tratamiento de aguas y aguas residuales . *Elsevier*.
Yniesta, L. (2018). Estructura y función de almidón de cuatro variedades de Garbanzo. *Instituto politécnico Nacional*, 35-37.