

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 1 de 7

FECHA	martes, 13 de octubre de 2020
--------------	-------------------------------

Señores
UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
 BIBLIOTECA
 GIRARDOT-CUNDINAMARCA

UNIDAD REGIONAL	Seccional Girardot
TIPO DE DOCUMENTO	Trabajo De Grado
FACULTAD	Ciencias Agropecuarias
NIVEL ACADÉMICO DE FORMACIÓN O PROCESO	Pregrado
PROGRAMA ACADÉMICO	Ingeniería Ambiental

El Autor(Es):

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS	No. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN
Camargo Cifuentes	Carlos Cristian	1070331568

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
 Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
 www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
 NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
 Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 2 de 7

Director(Es) y/o Asesor(Es) del documento:

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS
Lugo Arias	José Luis

TÍTULO DEL DOCUMENTO
Revisión bibliográfica de Propiedades y aplicaciones del género <i>Melocactus spp.</i> como coagulante natural en tratamiento de aguas

SUBTÍTULO (Aplica solo para Tesis, Artículos Científicos, Disertaciones, Objetos Virtuales de Aprendizaje)
N/A

TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Aplica para Tesis/Trabajo de Grado/Pasantía INGENIERIA AMBIENTAL
--

AÑO DE EDICIÓN DEL DOCUMENTO	NÚMERO DE PÁGINAS
05/05/2020	38

DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS (USAR 6 DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES)	
ESPAÑOL	INGLÉS
1.Polímeros	Polymer
2.coloides	colloid
3.adsorción	adsorption
4.mucilago	mucilage
5.Coagulación	coagulation
6.Turbidez	haze

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional



MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
	PAGINA: 3 de 7

RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS

(Máximo 250 palabras – 1530 caracteres, aplica para resumen en español):

Resumen

En esta monografía se realizó la recopilación de información sobre las capacidades y características que presentan tres especies de la familia *Cactaceae* como coagulante de sólidos suspendidos en el tratamiento del agua para consumo humano, logrando identificar los géneros de la familia *Cactaceae* con potencial para la coagulación. Para esto, se recolectó y caracterizó información bibliográfica de los géneros más estudiados de la familia en procesos de tratamiento de agua. Este documento especifica las capacidades de remoción de turbidez en agua que presentan el género *opuntia spp.*, *Hylocereus spp.* Y *Melocactus spp.* Así también se identificó los agentes activos que presentan para aumentar las capacidades de coagulación, como proteínas, aminoácidos, flavonoides y carbohidratos principalmente. Con lo anterior se busca evidenciar la similitud en compuestos activos de las variedades de cactus estudiadas en este documento con el fin de demostrar las capacidades del género *Melocactus spp.* Como potencial coagulante.

AUTORIZACION DE PUBLICACIÓN

Por medio del presente escrito autorizo (Autorizamos) a la Universidad de Cundinamarca para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre mí (nuestra) obra las atribuciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que, en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autoriza a la Universidad de Cundinamarca, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad; así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado una alianza, son:
Marque con una "X":

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional



MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
	PAGINA: 4 de 7

AUTORIZO (AUTORIZAMOS)	SI	NO
1. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer.		X
2. La comunicación pública por cualquier procedimiento o medio físico o electrónico, así como su puesta a disposición en Internet.		X
3. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previa alianza perfeccionada con la Universidad de Cundinamarca para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones.		X
4. La inclusión en el Repositorio Institucional.	X	

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso mi (nuestra) obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.

Para el caso de las Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, de manera complementaria, garantizo(garantizamos) en mi(nuestra) calidad de estudiante(s) y por ende autor(es) exclusivo(s), que la Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi(nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro (aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de mí (nuestra) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuaré (continuaremos) conservando los correspondientes derechos patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún



MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
	PAGINA: 5 de 7

caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “*Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores*”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Universidad de Cundinamarca está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.

NOTA: (Para Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía):

Información Confidencial:

Esta Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de la investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han publicado.

SI ___ NO ___X___.

En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos), en carta adjunta tal situación con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.

LICENCIA DE PUBLICACIÓN

Como titular(es) del derecho de autor, confiero(erimos) a la Universidad de Cundinamarca una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

- a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, por un plazo de 5 años, que serán prorrogables indefinidamente por el tiempo que dure el derecho patrimonial del autor. El autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito. (Para el caso de los Recursos Educativos Digitales, la Licencia de Publicación será permanente).
- b) Autoriza a la Universidad de Cundinamarca a publicar la obra en formato y/o soporte digital, conociendo que, dado que se publica en Internet, por este hecho circula con un alcance mundial.
- c) Los titulares aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.



MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
	PAGINA: 6 de 7

d) El(Los) Autor(es), garantizo(amos) que el documento en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi (nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro(aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos es de mí (nuestro) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

e) En todo caso la Universidad de Cundinamarca se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.

f) Los titulares autorizan a la Universidad para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

g) Los titulares aceptan que la Universidad de Cundinamarca pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.

h) Los titulares autorizan que la obra sea puesta a disposición del público en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en el “Manual del Repositorio Institucional AAAM003”

i) Para el caso de los Recursos Educativos Digitales producidos por la Oficina de Educación Virtual, sus contenidos de publicación se rigen bajo la Licencia Creative Commons: Atribución- No comercial- Compartir Igual.



j) Para el caso de los Artículos Científicos y Revistas, sus contenidos se rigen bajo la Licencia Creative Commons Atribución- No comercial- Sin derivar.



Nota:

Si el documento se basa en un trabajo que ha sido patrocinado o apoyado por una entidad, con excepción de Universidad de Cundinamarca, los autores garantizan que se ha cumplido con los derechos y obligaciones requeridos por el respectivo contrato o acuerdo.



MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
	PAGINA: 7 de 7

La obra que se integrará en el Repositorio Institucional, está en el(los) siguiente(s) archivo(s).

Nombre completo del Archivo Incluida su Extensión (Ej. PerezJuan2017.pdf)	Tipo de documento (ej. Texto, imagen, video, etc.)
Trabajo de grado Carlos Camargo 2020.pdf	TEXTO, IMÁGENES, TABLAS, GRAFICOS.
Sustentación trabajo de grado Carlos Camargo 2020.pdf	Diapositivas sustentación. Imágenes, tablas.

En constancia de lo anterior, Firmo (amos) el presente documento:

APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS	FIRMA (autógrafo)
Camargo Cifuentes Carlos Cristian	

21.1-51.20

Revisión bibliográfica de Propiedades y aplicaciones del género *Melocactus spp.*
como coagulante natural en tratamiento de aguas

CARLOS CRISTIAN CAMARGO CIFUENTES.

CODIGO:363215213

Trabajo de grado presentado para optar al título de Ingeniero Ambiental

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA- SECCIONAL GIRARDOT

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

GIRARDOT- CUNDINAMARCA

2020

Revisión bibliográfica de Propiedades y aplicaciones del género *Melocactus spp.*
como coagulante natural en tratamiento de aguas

CARLOS CRISTIAN CAMARGO CIFUENTES.

CODIGO:363215213

Trabajo de grado presentado para optar al título de Ingeniero Ambiental

JOSÉ LUIS LUGO ARIAS

MSc. Ingeniería Ambiental

Director trabajo de grado

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA- SECCIONAL GIRARDOT

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

GIRARDOT- CUNDINAMARCA

2020

Contenido

Resumen	6
Introducción	7
Justificación	8
Objetivos	10
Objetivo general	10
Objetivos específicos	10
Metodología	11
Estado del arte	12
Titulo 1: Recurso agua	12
1.1 Problemática del recurso	12
1.1.1 Productos químicos utilizados	17
Propiedades fisicoquímicas de los géneros <i>Opuntia spp.</i> , <i>Hylocereus spp.</i> , <i>Melocactus spp.</i>	17
2.1 La familia <i>Cactaceae</i>	17
Discusión de resultados	24
Conclusiones	31
Recomendaciones	32
Bibliografía	34

Lista de Tablas

Tabla 1. Tipos de floc y sus características	11
Tabla 2. Flocculantes más utilizados y mecanismo de acción	13
Tabla 3. Características físicas del agua potable	15
Tabla 4. Porcentajes más altos de remoción de turbidez para los cactus referenciados.	16
Tabla 5. Sustancias coagulantes de plantas	17
Tabla 6. Aplicaciones generales del <i>Melocactus</i> spp	18
Tabla 7. Recopilación de información sobre los compuestos activos que presenta el género <i>Melocactus</i> spp	1
8	
Tabla 8. Datos de remoción de turbidez, color y conductividad del género <i>Melocactus</i> spp.	19
Tabla 9. Cuadro comparativo de compuestos orgánicos.	24
<i>Tabla 10. Mecanismos de coagulación de coloides</i>	26
<i>Tabla 11. Compuestos activos presentes en el <i>melocactus</i> spp y sus propiedades químicas</i>	27

Lista de Figuras

Figura 1. Esquema de tratamiento de aguas (Bernal et al, 2011)	12
Figura 2. Estabilización de coloides	12
Figura 3. Esquema de coagulación y floculación de una suspensión coloidal (Nieto y Orellana, 2011)	14
Figura 4. Metodología de extracción del mucilago en polvo adaptado de Nunes et al (2016)	15
Figura 5. Esquema del mecanismo de coagulación y floculación de cargas (Bohuslav, 2005)	17
Figura 6. Resultados de remoción de color y turbidez extraídos de (Epalza y Jaramillo, 2016)	20
Figura 7. Remoción de turbidez y color extraídos de Daza, Barajas y Solano (2016)	21
Figura 8. Remoción de turbidez extraído de (Bautista, 2019)	21
Figura 9. Gráfico de búsqueda, en base de datos para las especies estudiadas	22
Figura 10. Distribución de las especies de Melocactus en Colombia. (Fernández y Xhonneux, 2002)	23
Figura 11. Estructura del ácido ascórbico	26

Resumen

En esta monografía se realizó la recopilación de información sobre las capacidades y características que presentan tres especies de la familia *Cactaceae* como coagulante de sólidos suspendidos en el tratamiento del agua para consumo humano, logrando identificar los géneros de la familia *Cactaceae* con potencial para la coagulación. Para esto, se recolectó y caracterizó información bibliográfica de los géneros más estudiados de la familia en procesos de tratamiento de agua. Este documento especifica las capacidades de remoción de turbidez en agua que presentan el género *Opuntia spp.*, *Hylocereus spp.* y *Melocactus spp.* Así también se identificó los agentes activos que presentan para aumentar las capacidades de coagulación, como proteínas, aminoácidos, flavonoides y carbohidratos principalmente. Con lo anterior se busca evidenciar la similitud en compuestos activos de las variedades de cactus estudiadas en este documento con el fin de demostrar las capacidades del género *Melocactus spp.* Como potencial coagulante.

Palabras Claves: polímeros, coloides, adsorción, mucilago.

Introducción

En la actualidad, la calidad del agua sin duda es uno de los principales factores a tomar en cuenta en el desarrollo idóneo de ser humano, por lo cual se requiere avanzar en investigaciones que mejoren la calidad del recurso; todo esto orientado a procesos amigables con el medio ambiente. Por ejemplo, en el tratamiento del agua se encuentran las técnicas de coagulación y floculación con agentes naturales, con fin de lograr obtener mejora en la calidad del agua y reducir el consumo de productos sintéticos nocivos para el ambiente (Guzmán, Nava y Díaz, 2015)

En el presente documento se plantea una alternativa teórica para remoción de sólidos suspendidos en agua, a partir del uso de una planta del género *Melocactus* por medio de la revisión de artículos y revistas autorizadas en plataformas de investigación, lo cual tiene como fin lograr evidenciar teóricamente la eficiencia en la coagulación y floculación de sólidos suspendidos presentes en el agua. Debido a que actualmente en las comunidades rurales de algunos municipios de Colombia aún se cuenta con acueductos veredales, los cuales suministran el agua sin ningún tipo de pretratamiento (Quinchia, 2017), con estos aspectos ineficientes en la calidad del agua, se hace necesario ampliar el conocimiento sobre plantas nativas en Colombia que se puedan utilizar en el tratamiento del agua.

En gran parte del país el agua no llega al consumidor en las mejores condiciones ya sea por un deficiente tratamiento del fluido o simplemente no cuentan con mecanismos para tratarla, por lo cual se ven obligados a distribuir agua cruda (Unicef, 2018). Este fluido al llegar de forma bruta al consumidor, es decir, sin ningún proceso para la reducción de sólidos suspendidos y demás microorganismos que no son benéficos para el consumo humano, pueden acarrear problemas graves en la salud e incluso la muerte (Rodríguez, Ubaque, y Gracia, 2016).

Debido al incorrecto tratamiento del agua que se realiza en algunas zonas del país para su distribución, se plantea en esta revisión bibliográfica hallar información científica que pueda ser utilizada para el tratamiento primario del agua mediante la utilización de la planta de género *Melocactus* presente en la región del Alto Magdalena. Para ello, se basa en investigaciones previas donde se ha logrado evaluar la efectividad de diversos biocoagulantes (Hildebrando y Jaramillo, 2015), donde se determinan que algunas plantas de la familia *Cactácea* presenta una gran cantidad de especies aptas para la floculación y coagulación de sólidos suspendidos, llegando a ser comparable con la efectividad presentada por coagulantes químicos (Hildebrando y Jaramillo, 2015).

Cabe resaltar que el uso de plantas del género *Melocactus* es importante, debido a los antecedentes encontrados sobre la capacidad de coagulación en su familia como lo menciona Choque (2018). Además, se cuenta con abundancia de la especie en la región del Alto Magdalena, puesto que se pueden encontrar en zonas áridas del país, en sus diferentes niveles de crecimiento (Fernández y Xhonneux, 2002). Por tal motivo, esta recopilación bibliográfica se realiza con el objetivo de agrupar información científica reciente, con el ánimo de entender las

propiedades de coagulación que tienen el género *Melocactus spp.* perteneciente a la familia de las *Cactáceas* como una estrategia para el tratamiento natural de agua evitando la utilización de agentes químicos en los procesos de coagulación-floculación.

Justificación

Una de las preocupaciones ambientales más investigada es la contaminación de fuentes hídricas generada principalmente por industrias, agroindustria, entre otras. Entre las técnicas que se llevan a cabo para el tratamiento de aguas está la coagulación y floculación, las cuales permiten reducir sólidos suspendidos del agua. Actualmente, los métodos más comunes para reducir sólidos en el tratamiento del agua se basan en la utilización de coagulantes o polímeros sintéticos para la reducción de la turbidez del agua, en su mayoría son sales metálicas que alteran condiciones de pH y lodos dejando trazas de los productos utilizados (Camacho, 2011), durante el proceso unitario de sedimentación. Sin embargo, dada la importancia actual de estas técnicas, se hace necesario buscar alternativas económicas y amigables con el ambiente que cumplan el mismo objetivo. Por tal motivo se está estudiando plantas como los cactus para la implementación en procesos de tratamiento de agua según estudios la familia *Cactáceae* presenta alto niveles de sedimentación según Hildebrando y Jaramillo (2015).

Esta familia reporta niveles de remoción de turbidez según Idris, Son, Mohibah, & Kuhalim.(2012). De \pm 94%, de igual manera Fuentes, Molina y Ariza (2015) Menciona valores de eficiencia entre 98,41 %, además Choque y Solano (2018) reporta porcentajes del 92 – 98. Con estos valores como antecedente se puede decir que la familia presenta gran capacidad de remoción de solidos suspendidos sobre el 70% de eficiencia lo cual es importante debido que el *Melocactus spp.* Puede presentar propiedades similares.

Por otro lado, es importante destacar que ya se realizó la caracterización físico-química del *Melocactus zehntneri*, el cual es el mismo género de estudio; lo cual demuestra que la especie de cactus no presenta ningún tipo de toxicidad al momento de la ingesta en los humanos (Nunes, y otros, 2016), y puede considerarse como alternativa para los procesos de clarificación del agua, teniendo en cuenta su factibilidad de uso, ya que en algunas regiones estas especies se utilizan como base para medicina alternativa y tiene un alto consumo para mejorías en la salud, especialmente en problemas respiratorios, riñones, entre otras aplicaciones medicinales (Teixeira, 2014). En este mismo orden, esta revisión bibliográfica se centra en recopilar la información y comprender las capacidades del género *Melocactus spp.* Como posible coagulante natural para la clarificación del agua y su potencial uso en el país. Cabe destacar que la especie puede verse afectada si se llega presentar sobre utilización de la misma, llegando a disminuir la población de esta en el país por lo tanto se hace necesario un control en la manipulación, es decir generar semilleros de la especie para la utilización en los procesos de investigación.

Objetivos

Objetivo general

- Describir las propiedades y aplicaciones del *Melocactus spp.* como agente coagulante natural en tratamiento de aguas.

Objetivos específicos

- Identificar las características Físico-Químicas y los compuestos naturales activos para la coagulación del género *Melocactus spp.*
- Comparar las propiedades de coagulación del *Melocactus spp.* con otros coagulantes naturales de referencia.

Metodología

La investigación titulada “Revisión bibliográfica de Propiedades y aplicaciones del género *Melocactus spp.* como coagulante natural en tratamiento de aguas” se realizó mediante un enfoque cualitativo y cuantitativo, por medio de la utilización de herramientas como: Scielo, ScienceDirect, Scopus y Redalyc además de algunos libros digitales sobre el tratamiento de aguas. Utilizando como filtro el nombre del cactus seguido por la palabra coagulante en español o inglés donde fue posible encontrar 133 documentos los cuales recopilan la información necesaria para soportar los argumentos de la investigación, también se identificó que los países que más han estudiado esta técnica de tratamiento de agua con coagulantes naturales son Brasil y México respectivamente.

Estado del arte

Titulo 1: Recurso agua

El interés por la calidad y almacenamiento del agua no es tema nuevo, a través de la historia se ha demostrado que toda civilización se ha asentado cerca o sobre el cauce de un cuerpo de agua (Ávila, Hach y Moller, 2018), siendo este de gran importancia para el sustento de la comunidad, desde localidades pequeñas a grandes ciudades y potencias mundiales. Gracias a los avances en la tecnología se ha logrado conducir el agua a zonas áridas y apartadas, facilitando el desarrollo y su distribución en la población. (Rodríguez, 2008). El agua siendo un fluido vital para la vida en la tierra no está apta para consumo humano directo, ya que las fuentes superficiales de agua están expuestas a contaminación por diversas actividades humanas, por ejemplo: vertimientos industriales, domésticos, institucionales, entre otras (Aguilar, 2018)

1.1 Problemática del recurso

1.1.1 Enfermedades por consumo de agua.

El inadecuado tratamiento del agua tanto para el consumo humano como para otros usos ha generado muertes por enfermedades de carácter hídrico, principalmente las enfermedades diarreicas agudas (EDA) (Rodríguez et al, 2016). Se estima que 525.000 personas mueren al año debido a EDA (OMS, 2019). Es por ello que todas las comunidades en el mundo, tanto rurales como urbanas, deben contar con sistemas seguros de tratamiento de agua potable para garantizar un uso sano del agua de consumo humano.

El caso de las enfermedades adquiridas a través de la ingesta de agua es muy común en las regiones de Colombia debido a que no se cuenta con recursos económicos para la potabilización de agua o instalaciones adecuadas para el proceso, ocasionando infecciones estomacales en las comunidades (Guerrero, 2018). El agua cruda contiene tres tipos de sólidos no sedimentables: suspendidos, coloidales y disueltos, los cuales están presentes gracias al movimiento o turbulencia que se genera en la dinámica sedimentaria de los cuerpos de agua superficiales. Por otro lado, los sólidos coloidales asociados a las bacterias y los virus son sedimentables después de largos periodos de tratamiento; en caso de los sólidos disueltos no son sedimentables como (arcillas, limos, entre otros) y deben separarse por procesos físicos y químicos (IDEAM, 2017), mientras que las problemáticas ocasionadas por subproductos generados a través del uso de compuestos químicos, como lo son las sales de aluminio (Llano, 2014) que se presentan en todas las plantas que usen este grupo de sustancias para su proceso de clarificación.

1.1.2 Difícil acceso al recurso.

Ahora bien, las problemáticas de calidad de agua en comunidades con pocos recursos económicos se han tratado de solucionar con la implementación de filtros y aplicación de coagulantes sintéticos y demás métodos, donados por el gobierno. No obstante, se han presentado algunos obstáculos, como lo son averías en los equipos, desabastecimiento temporal de ayudas y retiro de las mismas. Todo esto es ocasionado por la ubicación geográfica, dificultando la accesibilidad y derivándose a no contar con un seguimiento u acompañamiento a estos procesos de potabilización de agua (Rodríguez y González, 2005). Es por ello que implementar proyectos de purificación a bajo costo implica además de estudios de calidad de agua, operación y mantenimiento adecuado de los sistemas de potabilización para garantizar el consumo seguro de agua.

1.2 Técnicas de tratamiento del agua

El Material Particulado en el agua se dividen por su tamaño, siendo las más pequeñas, menores a 0,01mm, las cuales tienen un bajo grado de sedimentación; y las partículas más grandes, son mayores a 0,01mm, presentando más tasa de sedimentación formando floculos de diferentes características mirar Tabla 1 Para la remoción de estas partículas se desarrolla un tratamiento del agua que es el conjunto de operaciones unitarias de tipo físico, químico o biológico cuya finalidad está basada en eliminar o reducir la contaminación o las características no deseables del agua.

Tabla 1. Tipos de floc y sus características

Tipo	Descripción
Floc Coloidal	Ningún signo de aglutinación
Floc Visible	Floc muy pequeño, casi imperceptible para un observador no entrenado.
Floc Disperso	Floc bien formado, pero uniformemente distribuido. (Sedimenta muy lentamente o no sedimenta).
Floc Claro	Floc de tamaño relativamente claro. Precipita con lentitud.
Floc Bueno	Floc que se deposita fácil pero no completamente.
Floc Excelente	Floc que se deposita todo dejando el agua cristalina.

Nota: Adaptado de (Lorenzo, 2006)

La finalidad de estas operaciones es obtener agua con características adecuadas al uso que se les vaya a dar, por lo que la combinación exacta de los procesos varía en función tanto de las propiedades de las aguas de captación como de su destino final (Salamanca, 2016). Para esto primero se debe captar el agua la cual se registran valores de pH y turbiedad para identificar las condiciones iniciales del agua como se evidencian las etapas

en la figura 1, llevando el fluido al proceso coagulación y floculación en el cual es necesario la ayuda de compuestos de coagulación, al momento de adicionar el agente coagulante donde se cancelan las cargas electrostáticas y al mismo tiempo se origina una compresión de la capa que rodea los coloides permitiendo la formación de floculos como se ilustra en la figura 2 formando puentes entre partículas facilitando la formación de coágulos sedimentables. Existen tres tipos de sedimentación: sedimentación discreta, sedimentación con floculación, sedimentación por zonas (Romero, 1999) posteriormente se destina el fluido a filtración y desinfección para lograr obtener el agua de calidad (Chedoba, Mendez, y Perez, 1996).

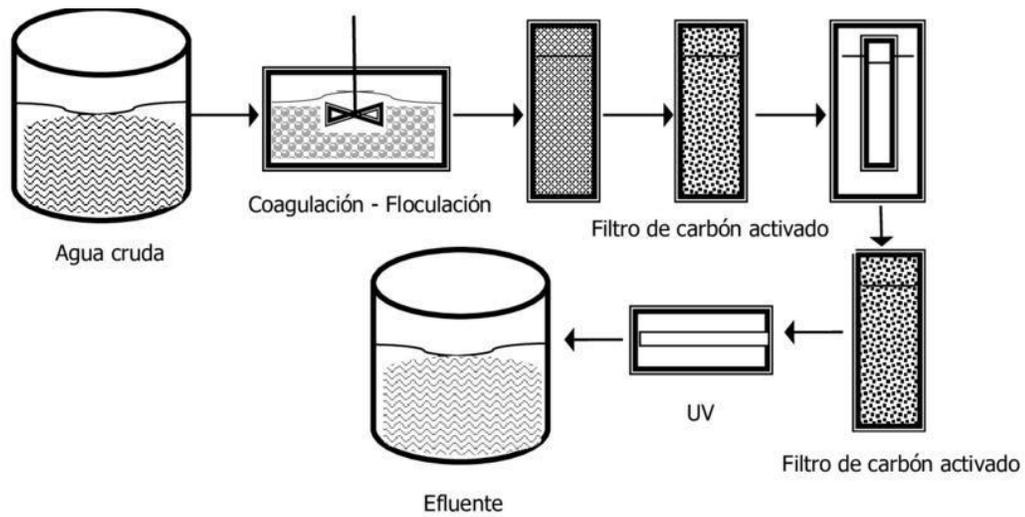


Figura 1. Esquema de tratamiento de aguas (Bernal et al, 2011)

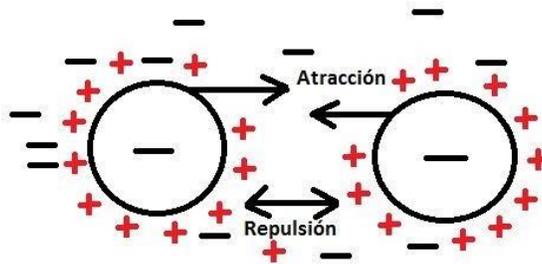


Figura 2. Estabilización de coloides

1.2.1 Productos químicos utilizados

En los procesos de coagulación y floculación se adiciona unos segundos antes de la sedimentación productos químicos para acelerar el proceso contando con una mayor fluidez en los sistemas de tratamiento utilizando coagulantes y floculantes sintéticos contando con un alto porcentaje de eficiencia en la remoción de solidos suspendidos

(Cogollo, 2010). Entre estos están el sulfato de aluminio, sulfato de hierro, aluminio sódico, cloruro férrico, sulfato cúprico y en algunos casos, polímeros catiónicos o aniónicos entre otros compuestos señalados en la Tabla 2 , actuando estas sales metálicas sobre los coloides por medio del catión sobre las cargas negativas de los coloides (Orellana, 2005) reduciendo la sedimentación de solidos suspendidos en el menor tiempo y la mayor eficiencia posible.

Los inconvenientes del uso de productos químicos en el tratamiento del agua en consecuencia, el alto consumo de estos productos en la fluidez de las plantas ocasiona que estos productos no se solubilizan en su totalidad, la concentración de aluminio residual puede exceder los límites máximos, en algunos casos es necesario la adición de ayudante de floculación, pueden producir color en el agua, alta generación de lodos y persisten trazas de ellos en la conducción del agua (Camacho, 2011).Adicionalmente, hay algunas enfermedades ocasionadas por estos productos, entre los cuales se encuentra el sulfato de aluminio (Enfermedades degenerativas) (Berdonces, 2008), siendo el compuesto más estudiado por generar efectos en la salud, los demás compuestos existen poca información congruente para señalar posibles enfermedades.

Tabla 2. Floculantes más utilizados y mecanismo de acción

Nombre	Descripción
Sílice Activada	Fue el primer floculante empleado y sigue siendo el que mejores resultados puede dar cuando se emplean sales de aluminio
Arcilla	Bentonitas, caolinitas son añadidas como lechadas para aumentar frecuencia de colisiones y aumentar el peso en el flóculo.
Otros Floculantes Minerales	Carbón activado en polvo, arena fina (diatomeas), blanco de mendón (CaCO ₃ precipitado), etc.
Polímeros Orgánicos Naturales	Son principalmente almidones (polisacáridos) extraídos de granos semillas y corteza de origen vegetal, así como varios tipos de suelos.
Polímeros Orgánicos Sintéticos	Son producidos por la transformación química de los derivados del petróleo y del carbón y aunque no todos se encuentran en forma de polvo seco.
Polímeros No Iónicos	Las poliacrilamidas (2- 4 x 10 ⁶ g/mol) son usadas en clarificación y deshidratación de lodos, incrementan la resistencia del flóculo y frecuentemente se utilizan también como ayudantes de filtración en línea

Nota: Fuente Propia

1.3 Coagulantes naturales

Esta alternativa potencial de sustitución de compuestos sintéticos para el tratamiento del agua, debido que son biodegradables y no generan daño al medio ambiente (Fatombi, 2013), se basa en la extracción del compuesto activo principalmente de Bacterias, Hongos, Animales y plantas clasificándose en la categoría de polisacáridos y sustancias a base de proteínas (Bachmann, 2019). Los cuales en su aplicación son en estado líquido o solido de fácil solubilidad en el proceso de coagulación como se muestra en la figura 3 con una estructura polimérica de polifenoles presentando grupos de polihidroxifenil que poseen una alta afinidad por las proteínas iones metálicos y otras moléculas como polisacáridos (Chacua y Martinez, 2018)

Los coagulantes naturales han sido estudiados durante siglos para la clarificación del agua (Asrafuzzaman, 2011) entre estos la revisión bibliográfica se centró en extracción de coagulantes a base de plantas. Las que han sido más estudiadas son *Nirmali*, *Moringa oleífera*, Taninos, Cactus. La gran mayoría de estos aprovechan el compuesto activo de coagulación que se encuentra en las hojas, semillas, corteza y frutos de árboles y plantas (Pritchard, 2009) definiendo así un alto porcentaje de eficiencia, sin generar ningún tipo de toxicidad en el agua. Estos estudios demuestran que son un gran potencial a estudiar estas especies que en su mayoría son productos alimenticios (Yin, 2010).

Cabe destacar que dentro de las plantas más estudiadas están los cactus los cuales son de la familia *Cactaceae*.



Figura 3. Esquema de coagulación y floculación de una suspensión coloidal (Nieto y Orellana, 2011)

Titulo2: Propiedades fisicoquímicas de los géneros *Opuntia spp.*, *Hylocereus spp.*, *Melocactus spp.*

2.1 La familia *Cactaceae*

La familia *Cactaceae* es originaria de América se cuenta con presencia dominante en México (América del Norte), en Colombia y Perú en el sur de este continente (Barthlott, Burstedde, Korotkova, & Mutke, 210) en las zonas más áridas predominan gran cantidad de sus especies (Vazquez, 2012), existiendo aproximadamente 1900 especies en el mundo, comprendidas en 127 géneros (Ballesteros, Aguilar, Zarate, & Tapia, 2017) siendo algunas de ellas comestibles (Campohermoso, 2010), (Corzo, 2016). Desde tiempos remotos, la utilización de estas plantas ha sido incontable por su diversidad de utilidad desde armas, herramientas, medicina, ornamentales e instrumentos, entre otras aplicaciones (Ceronia, 2013). Con los avances en la tecnología y la investigación científica comienzan a surgir productos derivados de los cactus llegando a ser utilizados eficientemente como fitoquímicos, mucílago, fibras, pigmentos, antioxidantes y coagulantes (Nazareno, 2011).

Haciendo hincapié en los avances científicos en el tema de los coagulantes extraídos de los cactus, predomina la investigación de los géneros *Opuntia spp.* Y *Hylocereus spp.*, según (Hildebrando & Jaramillo, 2015). En su investigación bibliográfica realizó una recopilación de los cactus más utilizados para el proceso de clarificación de agua, donde se encuentran el *opuntia ficus-indica* y *opuntia cochenillifera*, los cuales tuvieron porcentajes de remoción de turbidez sobre el 80%. Se mencionó también cactus como el *Hylocereus undatus* con remoción de turbidez entre 94 y 98% de efectividad, por último, el cactus *stenocereus griseus*, el cual se obtuvo una remoción de turbidez del 80%. En un estudio practico de Olivero, Mendoza, Camargo, Gazabón, (2013) evaluó la efectividad del *opuntia ficus-indica* en referencia con el alumbre, en todos los casos de estudio se extrajo el mucilago en polvo con la metodología ilustrada en figura 4 para aplicarlo al agua.

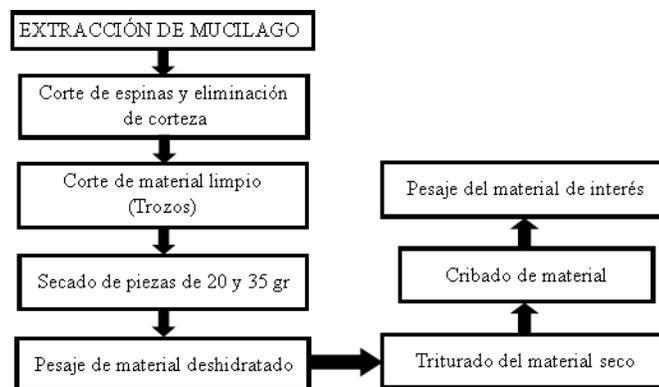


Figura 4. Metodología de extracción del mucilago en polvo adaptado de Nunes et al (2016)

En algunos casos los resultados no fueron suficientes para cumplir con la norma técnica de agua potable en Colombia. Cabe destacar que los cuerpos de agua requieren generalmente tratamientos convencionales, que incluyen además de coagulación-floculación, sedimentación, filtración y desinfección. Por lo que, sólo aplicar coagulantes no garantiza un tratamiento completo de purificación de agua, por ende, es de esperarse que no se cumpla con la normativa de agua potable dictada por la resolución 2115 del 2007 donde se establecen las propiedades organolépticas expresadas en la Tabla 3 las cuales son actas para el agua de consumo humano.

Tabla 3. Características físicas del agua potable

Características físicas	Expresadas como	Valor máximo aceptable
Color aparente	Unidades de platino cobalto (UPC)	15
Olor y sabor	Aceptable o no aceptable	Aceptable
Turbiedad	Unidades nefelometrías de turbiedad (UNT)	2

Nota: Tomado de Resolución 2115/2007

Esto demuestra que estas especies han sido las más investigadas por sus propiedades de coagulación, verificando la información en la base de datos como: SciELO, ScienceDirect, Scopus. Buscando como palabras claves: el nombre del cactus seguido de la palabra coagulante, arroja las siguientes cifras de SciELO con *Opuntia*: 4 Artículos y *Hylocereus*: 2 Artículos en ScienceDirect con *Opuntia* 38 Artículos y *Hylocereus* 3 y por último Scopus con *Opuntia*: 3 Artículos y *Hylocereus*: 0 artículos. Cabe destacar que se realizó el mismo filtro en la búsqueda de información del *Melocactus spp.* Pero los resultados son nulos, en todas las bases de datos no cuentan con resultados basados al tema de *Melocactus spp.* Como coagulante. Con base en la revisión científica y la eficiencia de algunos estudios de estos dos cactus se presenta la Tabla 4 con la información más relevante de estás investigación.

Tabla 4. Porcentajes más altos de remoción de turbidez para los cactus referenciados.

Cactus	% de reducción turbidez	de	Autor
<i>Opuntia</i>	80-90		(Choque, 2018)
	56		(Contreras, Olivero, y Mendoza, 2015)
	91		(Nharingo, 2013)
<i>Hylocereus</i>	74		(Torres, 2018)

Nota: Fuente propia

2.1.1 Características físico-químicas

Inicialmente en el proceso de coagulación, las partículas (coloides) se aglomeran bajo la fuerza de atracción de Van der Waals, gracias a que las partículas y el coagulante son de cargas opuestas logrando la desestabilización de los coloides en suspensión (Kleimann, 2005). Esa aglomeración se debe también a la generación de puentes entre las partículas gracias a los polímeros naturales que logran interaccionar mirar figura 5 logrando adsorberse en la superficie de las partículas coloidales para formar flóculos grandes y fuertes para posteriormente ser sedimentados.

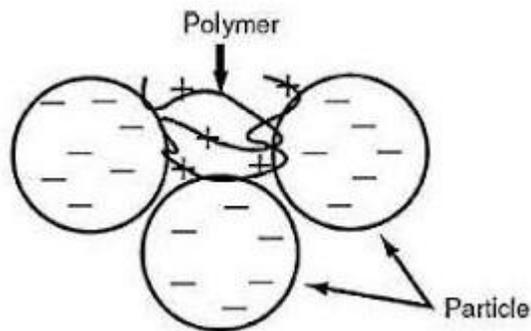


Figura 5. Esquema del mecanismo de coagulación y floculación de cargas (Bohuslav, 2005)

Teniendo en cuenta las fases que suceden en la coagulación de sólidos suspendidos en el agua se procede a realizar la búsqueda de información científica, para definir cuáles son los compuestos o sustancias que le confieren la propiedad de coagulación y floculación de sólidos suspendidos a estos cactus, con el fin de comparar los compuestos activos del cactus objeto de estudio, identificando las similitudes en propiedades coagulantes. En tabla 5 se describen cuáles son los compuestos activos responsables de la coagulación en los cactus *opuntia* y *Hylocereus* y algunas plantas de referencia

Tabla 5. Sustancias coagulantes de plantas

	Nombre	Sustancia coagulante
Algunas plantas de referencia	<i>Plantago Mayor L.</i>	Polisacáridos (Sarwan, Acharya, & Jonnalagadda, 2012)
	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Proteínas como la Faseolina o gloulina (Antov, Sciban, & Petrović, 2010)

<i>Vicia faba L.</i>	Ácido fítico, proteínas y compuestos fenólicos como: Taninos (Vasic, 2012)
<i>Musa spp.</i>	Polielectrolito natural, Polisacáridos (kakoi, Kaluli, Ndiba, & Thiongo, 2016)
<i>Opuntia</i>	Carbohidratos complejos, Polielectrolitos naturales, ácido poligalacturónico, aminoácidos, calcio y fibra dietética (Nharingo, Zivurawa, & Guyo, 2015) Flavonoides, β carotenos y ácido ascórbico (Medina, y otros, 2011) Compuestos Fenólicos totales (Abraján, 2008)
<i>Hylocereus</i>	Alto contenido de K, Zn, Proteínas, fibra (Cruz, Muñoz, Montes, Goytia, & Víctor, 2012) Proteínas, carbohidratos, fibra cruda, lípidos (Garnica, 2019)

Nota: Fuente propia

Entre los compuestos más relevantes están las proteínas y los carbohidratos, donde experimentos de columna de intercambio iónico demuestran que llevan cargas positivas de punto isoeléctrico afirmado que presentan una naturaleza altamente catiónica lo cual facilita la estabilidad de coloides para su posterior sedimentación (Bravo, 2017)

2.2 *Melocactus spp.*

2.2.1 Antecedentes.

El *Melocactus spp* siendo un género de la familia *Cactaceae* comprende aproximadamente 35 especies y 15 subespecies que se encuentran ampliamente distribuidas desde México hasta Sudamérica y el caribe (Ulloa, Meiado, Cornejo, & Santos, 2019), es un género caracterizado por su forma globosa a perspectiva pequeño, con espinas comprimidas delgadas (Menezes, Taylor, & Bezerra, 2013) y desarrolla un cefalio (región reproductiva donde produce flores y frutos) (Gorelick, 2016), distribuidas por fragmentos agrupados o parches (Figueroa & Galeano, 2007).

Esta especie ha sido estudiada según lo revisado en las bases de datos científicas antes mencionadas buscando la palabra *Melocactus spp* únicamente. La mayoría describe la identificación, distribución, presencia del género y el efecto medicinal sobre enfermedades como el cáncer de colon (León, Fuertes, Arroyo, & Ruiz, 2017), potencial terapéutico (Teixeira, 2014) y medicina empírica, (Guerrero, 2009), (Marqués et al, 2014) entre otras aplicaciones mencionadas en la Tabla 6. Aprovechando estos estudios medicinales y etnobotánicas del género *Melocactus* se extrae la mayor información química del cactus como

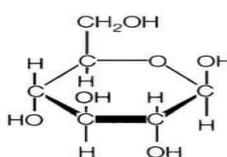
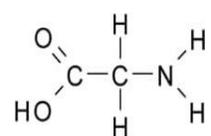
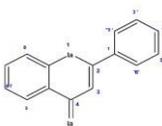
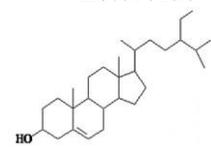
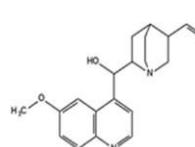
se observa en la Tabla 7 con fines de identificar cual puede ser el compuesto activo de coagulación de este género.

Tabla 6. Aplicaciones generales del *Melocactus spp*

Melocactus	Aplicaciones
	Ornamentación, medicinal (enfermedades respiratorias), alimentaria (frutos y carnosidad) y tratamiento de aguas (coagulante).

Nota: Fuente Propia

Tabla 7. Recopilación de información sobre los compuestos activos que presenta el género *Melocactus spp*

Cactus	Compuesto presente	Estructura	
<i>Melocactus zehntneri</i>	Hidratos de carbono, aminoácidos, flavonoides, esteroides. (Teixeira, 2014)	<p>Carbohidrato</p> 	<p>Aminoácido</p> 
		<p>Flavonoide</p> 	<p>Esteroides</p> 
<i>Melocactus bellavistensis</i>	Amida alcaloide de genero piper (León, Fuertes, Arroyo, & Ruiz, 2017)	<p>Alcaloide</p> 	

Nota: Fuente Propia

Se encuentran los autores que mencionan información fisicoquímica de la especie *Melocactus spp*. Donde los datos para *zehntneri* fue extraída de la base de datos Scielo y *bellavistensis* su información es de un trabajo de fin de curso presentado en la Universidad federal da Paraíba de Brasil. Los siguientes documentos en resumen en la Tabla 8 son de Colombia de la universidad de Bucaramanga, donde realizaron toda la metodología para aplicar el mucilago como coagulante con la especie de *Melocactus spp*. Contando con la información más reciente se encontró un documento donde evaluaron la eficiencia de

coagulación del *Melocactus peruvianus*, destacando que los tres autores utilizaron la misma línea de extracción del mucilago logrando obtenerlo en polvo, aportando a las investigaciones la siguiente información.

Tabla 8. Datos de remoción de turbidez, color y conductividad del género *Melocactus spp*.

Referencia	% Eficiencia	Imagen
(Epalza y Jaramillo, 2016)	Remoción de turbidez: 95 %	Cactus Utilizado, <i>Melocactus spp</i> 
	Eliminación de color: 96,5%	
(Daza, Barajas, & Solano, 2016)	Remoción de turbidez: 97,5%	No se encuentra registro de los cactus de estudio.
	Eliminación de color: 96.8%	
(Bautista, 2019)	Remoción de turbidez: 4%	
	Conductividad: sin variación significativa	

Nota: Fuente propia

Se recopila la información del cactus de estudio donde Ezpalza y Jaramillo (2016) reportan los datos del *melocactus spp* y 6 especies de referencia que se anexan en la figura 6 detallado las eficiencias de estas especies.

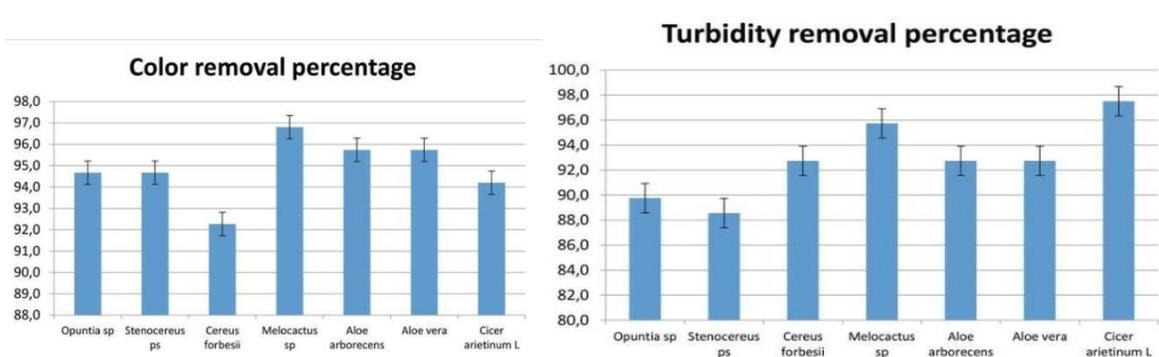


Figura 6. Resultados de remoción de color y turbidez extraídos de (Epalza y Jaramillo, 2016)

De igual manera los registros de remoción de turbidez y color presentados por Daza, Barajas y Solano, (2016) ilustrados en la figura 7 demuestran las propiedades del *Melocactus spp* con referencia a 5 especies de plantas y sus posteriores resultados de efectividad.

Table 3: % Turbidity Removal

Plant species	% Turbidity Removal
Opuntia sp	88,56
Stenocereus ps	88,58
Cereus forbesii	88,31
Melocactus sp	97,15
Aloe arborecens	92,74
Aloe vera	92,74

Table 4: % Color Removal

Plant species	% Color Removal
Opuntia sp	94,67
Stenocereus ps	94,67
Cereus forbesii	92,27
Melocactus sp	96,8
Aloe arborecens	95,73
Aloe vera	95,73

Figura 7. Remoción de turbidez y color extraídos de Daza, Barajas y Solano (2016)

Por último el documento de Bautista (2019) describe un porcentaje de remoción de turbidez apreciado en la figura 8 siendo considerablemente diferentes a las dos investigaciones anteriores, este documento menciona el cactus *opuntia spp* que también se utilizó en las investigaciones ya mencionadas.

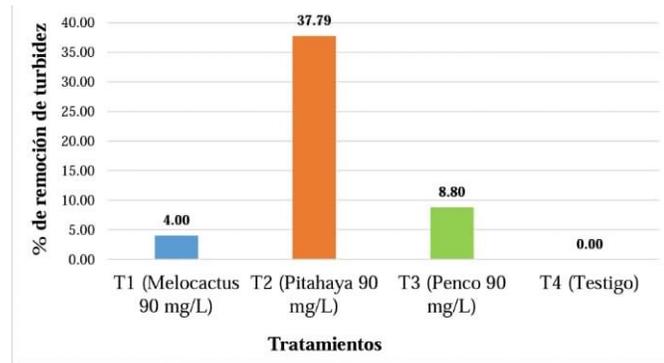


Figura 8. Remoción de turbidez extraído de (Bautista, 2019)

Estos documentos son los que han llevado a cabo la utilización de la especie de *Melocactus spp*. Como coagulante en el tratamiento de agua, con valores considerablemente altos en la efectividad, de tal modo que estos dos documentos de Colombia ya han sido citados por otras recopilaciones de información en coagulantes naturales siendo la única presente en forma virtual, hasta el momento ofreciendo porcentajes de coagulación de la especie *Melocactus*.

Discusión de resultados

Los resultados de la revisión bibliográfica se muestran en la figura 9 donde se evidencia que el género *Melocactus spp.* Es una planta poco estudiada, se obtuvo información de base de datos científicas analizadas, donde el *Melocactus spp.* no cuenta con publicaciones referentes a tratamiento de agua, a comparación de los cactus *Opuntia* y *Hylocereus*, que cuentan con 4 y 2 artículos respectivamente en base de datos Scielo. Cabe destacar que los países con más publicaciones son Brasil y México referente a tratamiento de agua con coagulantes naturales. Por otro lado, en la base de datos ScienceDirect no cuenta con artículos del *Melocactus spp.* Pero predominan los estudios del cactus *Opuntia* y *Hylocereus* con 111 y 6 artículos respectivamente. De igual manera Brasil domina en las publicaciones. Por último, en la base de datos Scopus el único que cuenta con información es el cactus *Opuntia* con tres publicaciones.

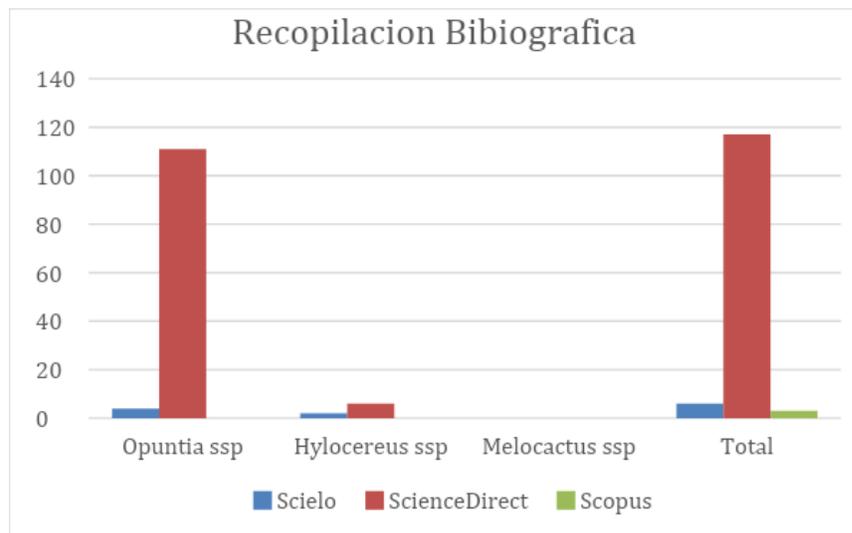


Figura 9. Gráfico de búsqueda, en base de datos para las especies estudiadas

Todas las publicaciones son referentes a tratamiento de agua con coagulantes naturales. El filtro de la información se basó en escribir el nombre de cada género de cactus seguido de la palabra coagulante en español e inglés. Haciendo el filtro únicamente con el nombre de los cactus se logra evidenciar que Brasil es el país dominante en estudios de las propiedades de cactus. Según lo menciona Ceratti (2016) en su artículo “Brasil tiene sed a pesar de ser dueño del 20% del agua en el mundo”, enfrentan complicaciones por la alta demanda del recurso hídrico en el sector agropecuario y eléctrico. Esto puede estar incentivando a investigadores del país a promover alternativas para aprovechar el recurso hídrico al máximo.

El género *Melocactus* se ha estudiado ampliamente en el tema de distribución como se observa en figura 10 y caracterización en su hábitat natural predominando en zonas xerofíticas (Casado y Soriano, 2010), estudios que han permitido identificar casi en su totalidad las especies que existen, llegando a la conclusión que algunas están en peligro de extinción actualmente (SAGARPA, 2015), en consecuencia, de pérdida del hábitat (Ulloa M, Meiado, Cornejos, & Santos, 2019). También tiene un amplio uso como ornamentación por su aspecto redondo llamativo y agradable (Melendros, 2020). En el aspecto de utilidad en Colombia el *Melocactus spp* hace parte de la medicina de tribus indígenas (Elí De Ávila, 2015).

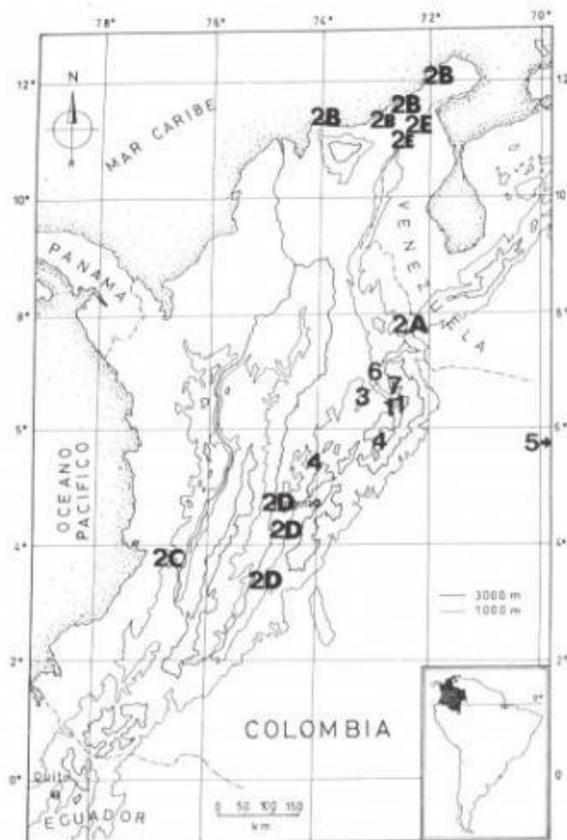


Figura 10. Distribución de las especies de *Melocactus* en Colombia. (Fernández y Xhonneux, 2002)

Con toda esta información se establece que los estudios en el ámbito de tratamiento de aguas del género *Melocactus* en el país es muy limitado, señalando los dos únicos documentos de la universidad de Bucaramanga sobre el tema Epalza y Jaramillo (2016) y Daza, Barajas & Solano (2016), asumiendo que estos dos documentos pueden ser una continuidad de la investigación sobre el coagulante natural a base del *Melocactus spp*. relata porcentajes de remoción de turbidez por encima de 95%; donde compararon su efectividad con otros coagulantes naturales a base de cactus y otros, siendo el *Melocactus*

spp. El más eficiente de todos, aun sobre la *Moringa oleífera*. El dato que hace falta en esta investigación es conocer la especie utilizada, debido que en Colombia existen diez especies del género *Melocactus spp.*, concentrándose tres especies en la región del Santander (UNAL, 2019) Lo cual deja una incertidumbre amplia al no identificar con certeza cual especie de *Melocactus spp.*, estudiaron en su investigación.

La tercera investigación de las propiedades de coagulación en tratamiento de agua surge en la provincia de Utcubamba colindando con la región de la amazonia en la zona Nororiental de Perú (Bautista, 2019). Donde se estudiaron las propiedades de coagulación del *Melocactus perubianus*. Obtuvieron datos de remoción de turbidez de 4%, siendo este valor totalmente opuesto en la investigación de Epalza y Jaramillo (2016) y de Daza, Barajas & Solano (2016) Se puede atribuir este notorio cambio en los porcentajes de remoción de turbidez a la utilización de otra especie de *Melocactus*, pero si logran coincidir en los valores de pH que no se ven alterados en el agua al utilizar el coagulante natural, mencionados en las tres investigaciones.

La información de las propiedades del género *Melocactus spp.* Como coagulante, establece que tiene capacidades de coagulación. Sin embargo, en ningún documento menciona cuales son los compuestos activos que actúan en la coagulación de solidos suspendidos en el agua. En la recopilación bibliográfica se establece que la sustancia coagulante general en las plantas es denominada polímeros orgánicos, los cuales no tiene gran afectación al ambiente y en la salud humana (Fatombi, 2013). Con esta característica general de propiedad de coagulación se realiza la Tabla 9 comparando los compuestos y sustancias que se encuentran en otros cactus y plantas definidas ya como potenciales coagulantes en el tratamiento de agua, con el fin de identificar cuantos compuestos son similares al del *Melocactus spp.*

Tabla 9. Cuadro comparativo de compuestos orgánicos.

Planta				
<i>Melocactus</i>	<i>Opuntia</i>	<i>Hylocereus</i>	<i>Vitis vinífera</i>	<i>M. Olifeira</i>
Aminoácidos (Teixeira, 2014)	Aminoácidos (Nharingo, Zivurawa, & Guyo, 2015)	ND	ND	Aminoácidos (García et al, 2013)
Flavonoides (Teixeira, 2014), (Nunes, y otros, 2016)	Flavonoides (Ibrahim, Wafaa, Kamel, & gouda, 2020)	ND	Flavonoides (Yilmaz & Toledo, 2004)	Flavonoides (García et al, 2013)

Ácido ascórbico (Nunes, y otros, 2016)	Ácido ascórbico (Medina, et al 2011)	ND	ND	ND
Compuestos fenólicos (Nunes, y otros, 2016)	Compuestos fenólicos (Abraján, 2008)	ND	ND	Compuestos fenólicos (García et al, 2013)
Carbohidratos (Teixeira, 2014)	Carbohidratos (Nharingo, Zivurawa, & Guyo, 2015)	Carbohidratos (Garnica, 2019)	ND	ND
Carotenoides (Nunes, y otros, 2016)	βCaroteno (Medina, y otros, 2011)	ND	ND	βCaroteno (García et al, 2013)
Alcaloides (León, Fuertes, Arroyo, & Ruiz, 2017)	ND	ND	ND	Alcaloide (García et al, 2013)

Nota: Fuente Propia ND: no disponible

Identificando las propiedades del Ácido ascórbico ilustrando la estructura química en la figura 11 o (vitamina C) que presenta el *Melocactus spp.* se establece que Ácido ascórbico tiene las propiedades de desinfección en el agua logrando eliminar cloraminas a causa de un pH ácido, aproximadamente de 3 por esto cuando reacciona con el cloro se produce cloruro inorgánico (Inocuo) y ácido dehidroascorbico reaccionando instantaneamente (Lopez, Romero, & Ureta, 2002), logrando obtener proporciones de eliminación de cloro libre se establece que 2,5 gramos de Ácido ascórbico neutralizan un gramo de cloro libre en el agua (Ramírez, 2005). Con estos datos se puede indicar que el *Melocactus spp.* presenta también la propiedad de desinfección que debe corresponder a 0 Unidades formadoras de colonia sobre 100 cm³ para *Echerichia coli* por el método de filtración por membrana (Resolución 2115/2007). Identificando la presencia de Ácido ascórbico en la plata falta ampliar información de proporciones de este ácido en las especies del género *Melocactus spp.* Presente en la región del Alto Magdalena para establecer si todo el género tiene o no las propiedades de desinfección.

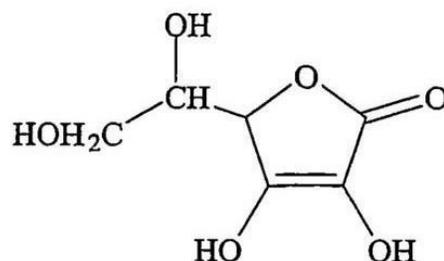


Figura 11. Estructura del ácido ascórbico

Teniendo en cuenta que, los polímeros naturales se clasifican según su densidad de carga (anionico, catiónico no iónico o anfótero) y según su peso molecular (bajo, moderado, alto y muy alto) y se utilizan dependiendo del tipo de partícula a flocular (ejemplo: metales, hidróxidos, óxidos cubiertos de materia orgánica natural, biocoloides, macromoléculas fibras orgánicas, etc.) (Laponte y Barbeu, 2019). Con estas características definidas de los polímeros naturales se describen los mecanismos de acción en la coagulación ilustrados en la Tabla 10, un ejemplo de estos mecanismos de acción en coagulantes naturales es la *Moringa olifera* al cual presenta la absorción y neutralización de cargas iónicas (Ridwan, Zainon, Chan y Hamidin, 2011), de igual manera, el *Opuntia ssp.* Actúa predominantemente con el mecanismo de coagulación de adsorción y puente (Miller, Fugate, Craver, Smith y Zimmerman, 2008).

Tabla 10. Mecanismos de coagulación de coloides

Tipos de desestabilización en la coagulación	Descripción
Compresión de la doble capa	Una dosis de coagulante logra la atracción de las cargas contrarias de la capa móvil que se comprimen sobre la capa fija del coloide. Está siempre asociado a la adsorción y neutralización de cargas
Adsorción y neutralización de cargas	Las sales coagulantes se disocian iónicamente en el agua y neutralizan las cargas negativas de la superficie del colide. Esta siempre asociado con la compresión de la capa doble
Adsorción y Puente	Se da principalmente con la aplicación de polímeros (poli electrolitos) anicónicos cuyas moléculas poseen grupos químicos que absorben las partículas coloidales. No obstante, la reacción de las sales coagulantes con los colides también propicia la aparición de puentes de hidrogeno y otro tipo de enlaces.

Incorporación o barrido	Un exceso de coagulante forma una nata esponjosa precipitable que arrastra consigo coloides hasta el fondo del sedimentador. Se usa especialmente con aguas de muy baja turbiedad.
--------------------------------	--

Nota: Extraído de (Arboleda, 2000).

Los polímeros naturales de plantas que contiene poli fenoles, gomas y proteínas para dar lugar a la desestabilización coloidal, Incrementando la fuerza iónica del medio reprimiendo la doble capa electrónica y por tanto disminuir la repulsión entre los coloides (Banchón et al.,2016). Relacionando este concepto con la revisión bibliográfica se compara la presencia de compuestos pertenecientes al *Melocactus* con otros coagulantes eficientes como lo son el *Opuntia spp.* y la *M. oleífera*, en los cuales tienen gran compatibilidad de compuestos orgánicos los cuales se mencionan en la Tabla 11 pertenecientes en sus estructuras vegetales.

Tabla 11. Compuestos activos presentes en el melocactus spp y sus propiedades químicas

Compuesto activo	Características
Compuestos fenólicos (Flavonoides)	El extracto etanólito natural se presenta con una buena fuente de poli fenoles entre los cuales están los flavonoides, por tanto, este tipo de agentes tienen carga positiva logrando desestabilizar y posteriormente eliminar partículas coloidales aniónicas (Yilmaz y Toledo 2004).
Proteínas	De acuerdo a experimentos de columnas de intercambio iónico se evidencia que las proteínas llevan cargas positivas de punto isoeléctrico con esto se puede decir que presentan una naturaleza altamente catiónica (Gassenschmidt y Tauscher, 1995) teniendo en cuenta que los aminoácidos son un tipo de proteínas es posible afirmar que presentan estas características. cabe aclarar que los alcaloides son sintetizados a partir de aminoácidos (Pérez y Gardey, 2015)
Carbohidrato	Son polisacáridos o proteínas, los cuales presentan eficiente capacidad de coagulación Por lo tanto, los estudios confirman que son una fuente alternativa

	con gran potencial. Por lo general, presentan una mínima toxicidad siendo también solubles en el agua (Bravo, 2017)
--	---

Nota: Fuente Propia

Comprobado en la revisión bibliográfica que estos compuestos están en proporciones abundantes en cada planta, lo cual puede estar definido teóricamente los compuestos activos de coagulación en general para el género *Melocactus spp.* No obstante, se espera la investigación científica o práctica de laboratorio para identificar y constatar si los compuestos recopilados en esta investigación bibliográfica son coherentes a los compuestos activos de coagulación de *Melocactus spp.*

Conclusiones

Los resultados de los estudios reportan variedad de información deseada en el aspecto de propiedades y aplicaciones del género *Melocactus spp.* Identificando su utilidad potencial como ornato y para alimento en comunidades siendo una planta muy apetecida por estas utilidades, teniendo encuesta que esta planta se puede encontrar en gran parte del país en zonas desérticas logrando encontrarla en la región del alto Magdalena cerca de Girardot y municipios aledaños.

La información del género *Melocactus spp.* en remoción de sólidos suspendidos del agua tienen un gran potencial como alternativa de coagulante orgánico gracias a los aportes investigativos recopilados donde resaltan la gran propiedad de la planta con sus respectivos compuestos activos los cuales se identificaron flavonoides, Aminoácidos, Ácido ascórbico, compuestos fenólicos, carbohidratos, alcaloides y carotenoides logrando identificar la presencia de estos compuestos en otras especies que ya estaban definidas como potenciales en el aspecto de coagulación definiéndola con grandes propiedades en el tema de tratamiento de aguas.

Las afinidades en la presencia de compuestos activos principalmente proteínas que ya están definidos por su propiedad en la ayuda de la coagulación se comparan con las propiedades de coagulación de cactus como el *Hylocereus spp.*, *Opuntia spp.* y la planta de Moringa, estos coagulantes naturales presentan porcentajes de eficiencia sobre 70% permitiendo deducir que esta compatibilidad entre compuestos puede ser de igual manera en el aspecto de coagulación, logran resaltar esta planta para la utilización en el proceso de clarificación de agua. Por ello es de gran importancia ampliar los estudios de este género de cactácea que está presente ampliamente en la región del Alto Magdalena, logrando actualizar la información limitada de la especie en el país.

Recomendaciones

Se logra demostrar que plantas pertenecientes al género *Melocactus spp.*, potencialmente tienen capacidades de coagulación de sólidos suspendidos en el agua. Por lo cual se recomienda el estudio del género *Melocactus curvispinus Pfeiffer subsp. Obtusipetalus*, el cual tiene presencia en la en municipios cercanos a Girardot, como Tocaima, Jerusalén, Pulí y Beltrán (Fernández & Xhonneux, 2002) y lo reitera el instituto Alexander Humboldt logrando tener esta especie a la mano para ampliar su estudio en el tratamiento del agua fortaleciendo el desarrollo académico de la universidad en el tema de aguas logrando utilizar los equipos del laboratorio de aguas para futuras investigación en este cactus.

Bibliografía

Abraján, v. (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. *Valencia, España*.

Aguilar, M. S. (2018). Evaluación del impacto por vertimientos de aguas residuales domésticas, mediante la aplicación del índice de contaminación (ICOMO) en caño grande, localizado en Villavicencio-meta. *Villavicencio, Colombia*.

Antov, M., Sciban, M., y Petrović, N. (2010). Proteins from common bean (*Phaseolus vulgaris*) seed as a natural coagulant for water turbidity removal. *Bioresour. Technol*

Arboleda, J. (2000). Teoría y práctica de la purificación del agua. Ed, ACODAL

Asrafuzzaman, F. (2011). Reducción de la turbidez del agua utilizando coagulantes naturales disponibles localmente. Network, EEUU: *G.G. Olinger*.

Ávila, B., Hach, J., y Moller, C. (2018). Estudio sobre protección de ríos, lagos y acuíferos desde la perspectiva de los derechos humanos. *México. Universidad Autónoma de México*.

Bachmann, S. (2019). Una revisión contemporánea sobre coagulantes de origen vegetal para aplicaciones en el tratamiento de aguas. *Revista de química Industrial y de Ingeniería. Elsevier*

Ballesteros, C., Aguilar, O., Zarate, R., y Tapia, L. (2017). Distribución geográfica y conservación de nueve especies. *México: redalyc.org*.

Banchón, C., Niños, D, y Zambrano, L. (2016). Natural coagulation for the decontamination of industrial effluents. *Universidad Agraria del Ecuador*.

Barthlott, W., Burstedde, K., Korotkova, N., y Mutke, J. (2010). Biodiversidad y distribución de cactáceas. Alemania. *Universidad de Born Alemania*.

Bautista, M. (2019). Uso de harina de pitahaya (*Megalanthus (k. schum. ex vaupel) ralf bauer*), Melocactus (*Melocactus peruvianos vaupel*) y penco (*Opuntia macbridei britton &*

rose) para remover turbidez en agua sin tratamiento destinada para el consumo humano en la localidad. Perú: *Universidad nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas*.

Bernal, L., Morelos, C., Linares, I., Barrera, C., Y cruz, A. (2011). Tratamiento de agua municipal por un sistema fisicoquímico y oxidación química en flujo continuo. *Abances en la ciencia e ingeniería, vol 2*

Berdonces, L. (2008). La problemática del tratamiento del agua. *Rev Medicina natural. Vol 2*
Bohuslav, D. (2005). Coagulation and Flocculation. Francia: *CRC Press*.

Bravo, M. (2017). Cuagulantes y floculantes naturales usados en la reducción de turbidez, sólidos suspendidos y metales pesados en aguas residuales. *Universidad Distrital Francisco José de Caldas*.

Camacho, N. (2011). Tratamiento de agua para consumo humano. Perú. *Universidad de Lima*.

Campohermoso, E. (2010). Conocimiento y uso de cactáceas por familias campesinas en coxcatlán, México: *Universidad Autónoma Indígena de México*.

Casado, R., y Soriano, P. (2010). Fructificación, frugivoría y dispersión en el cactus globular melocactus schatzlii en el enclave semiárido de lagunillas, Mérida, Venezuela. Venezuela: *Eco trópicos*.

Ceratti, M. (2016). El país. Brasil tiene sed a pesar de ser dueño de 20% del agua en el mundo Recuperado de
https://elpais.com/internacional/2016/08/01/america/1470076598_000832.html

Cerón, C. (2013). Manual de Cactus. Perú: *Ministerio de Ambiente*.

Chacua, D., y Martínez, M. (2018). Evaluación de los polifenoles extraídos a partir de residuos de *coffea arabica*, para la producción de un coagulante natural. *Fundación universitaria de América*.

Chedoba, J., Méndez, C., y Pérez, O. (1996). Fundamentos teóricos de algunos procesos para la purificación en aguas residuales

Choque, D., y Solano, A. (2018). Capacidad floculante de coagulantes naturales en el tratamiento de agua. Perú: *Universidad tecnológica de los Andes*.

Cruz, A., Muñoz, M., Montes, E., Goytia, M., y Víctor, A. (2012). Composición química de tallos de inmaduros de *Acanthocerus* spp. e *Hylucereus undatus*. México.

Cogollo, F. (2010). Clarificación de aguas usando coagulantes polimerizado: caso del

hidroxicloruro de aluminio. Medellín, *Colombia: revistas científicas de Latinoamérica*.

Contreras, K., Olivero, R., y Mendoza, P. (2015). El Nopal (*Opuntia* \square *Cus-indica*) como coagulante natural complementario en la calificación de agua. *Sucre, Colombia*.

- Corzo, R. E. (2016). Frutas de cactáceas: compuestos bioactivos y sus propiedades nutraceuticas. *México: UPIBI del IPN*
- Daza, R., Barajas, A., y Solano, E. (2016). Evaluación de la eficiencia de biopolímeros derivados de Plantas desérticas como agentes de floculación. Bucaramanga, Colombia: UDES de la Universidad de Santander,
- Elí De Ávila, N. (2015). Tradición y ciencia: la naturaleza purificadora del cactus recuperado de <https://www.elheraldo.co/entretenimiento/tradicion-y-ciencia-la-naturaleza-purificadora-del-cactus-198218>
- Epalza, J., Jaramillo, J., y (2016). Extracción y uso de biopolímeros de plantas para el tratamiento del agua. Bucaramanga, Colombia: Universidad de Santander (UDES), Bucaramanga
- Fatombi, L., (2013). A natural coagulant protein from copra (Cocos nucifera): Isolation, characterization, and potential for water purification. *Francia: HAL archives-ouvertes.*
- Fernández, J., y Xhonneux, G. (2002). Novedades taxonómicas y sinopsis del género *Melocactus* Link. & Otto. (Cactaceae) en Colombia. Colombia.
- Figuerola, Y., y Galeano, G. (2007). Lista comentada de las plantas vasculares del enclave seco interandino de la Tatacoa (Huila, Colombia). Colombia: Instituto de Ciencias Naturales, Facultad de Ciencias, *Universidad Nacional de Colombia.*
- Fuentes, N., Molina, E., y Ariza, C, (2015). Natural Coagulants in continuous flow system as a substitute of $Al_2(SO_4)_3$ para clarificación de aguas. *Universidad de la Guajira.*
- García, A., Fernández, T., Martín, C., Martín, G., Hernández, E., & Puls, J. (2013). Potenciales aplicaciones de *Moringa oleífera*. Una revisión crítica. Cuba: *Universidad de Matanzas.*
- Garnica, G. (2019). Comparación de biopolímeros y su eficiencia en la eliminación de materia orgánica suspendida en aguas del estero san camilo - cantón durán. Ecuador: *Universidad de Guayaquil.*
- Gassenschmidt, J., y Tauscher, N. (1985). Isolation and characterization of a flocculating protein from *Moringa oleífera* Lam. *Biochem. Biophys. Acta*, 1243, p 477 – 481.

Gordelick, R. (2016). What is a *Cephalium bradleya*. Recuperado de <https://doi.org/10.25223/brad.n34.2016.a>

Guerrero, S. (2018). El Heraldo. 4.770 Niños muertos en la guajira es una barbarie. Recuperado de <https://www.elheraldo.co/la-guajira/4770-ninos-muertos-en-la-guajira-es-una-barbarie-corte-553890>

Guzmán, B., Nava, G., y Díaz, P. (2015). La calidad del agua para consumo humano y su asociación con la morbimortalidad en Colombia, 2008-2012. *Biomédica*, p.90-177.

Hildebrando, R., y Jaramillo, J. (2015). Agentes naturales para el tratamiento de agua. *Bogotá, Colombia*.

Ibrahim, A., Wafaa, Kamel, A., & gouda, H. (2020). Elucidación estructural de compuestos fenólicos aislados de *Opuntia littoralis* y su actividad antidiabética, antimicrobiana y citotóxica. SAAB. *Publicado por Elsevier BV*.

Idris, J., Son, A., Mohibah, M., y Kuhalim. (2012). Dragon fruit follaje de planta basada en coagulante para el tratamiento del concentrado de látex Euentef. *Comparación del tratamiento con sulfato férrico. Malacia*.

IDEAM. (2017). instructivo de ensayo. Determinación de sólidos sedimentables. *SM 2540.f. Bogotá, Colombia*.

Kakoi, B., Kaluli, J., Ndiba, P., y Thiongo. (2016). La médula del plátano como coagulante natural para el agua contaminada del río.

Kleimann, J. (2005). Super-stoichiometric charge neutralization in particle–polyelectrolyte systems. *Langmuir*.

Laponte, M., y Barbeau. B. (2019). Understanding the roles and characterizing the intrinsic properties of synthetic vs. Natural polymers to improve clarification through interparticle Bridging: A review. *Rev.Elsevier*

León, k., Fuertes, C., Arroyo, J., y Ruiz, C. (2017). Efecto quimioprotector del extracto alcaloideo de *Melocactus bellavistensis* (cactus globoso) sobre el cáncer de colon inducido con 1,2-dimetilhidrazina en ratas. Perú: *Perú Med Exp Salud Publica*.

López, L; Romero, J., y Ureta, V. (2002) Acción germinicida in vitro de productos desinfectantes de uso en la industria de alimentos. Chile

Lorenzo, Y. (2006). Estado del arte del tratamiento de aguas por coagulación – floculación. *Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar*

- Llano, C. (2014). Tratamiento Físicoquímico de las Aguas Residuales Generadas en el Proceso de Beneficio de Arcillas y Alternativas de Uso de los Lodos Generados en el Proceso. *Medellín, Colombia*.
- Marqués, C., Nunes, T., Marín, A., Nunes, E., Oliveira, R., Melo, J., y Lucena, R. (2014). Potencial medicinal de cactáceas en la región semiárida del Nordeste de Brasil. Brasil: *Gaia Scientia*.
- Melendros, K. (2020). Naturaleza tropical. Un cactus extremadamente popular y resistente, *Melocactus curvispinus*. Recuperado de <https://naturalezatropical.com/melocactus-curvispinus/>
- Miller, S., Fugate, E., Craver, V., Smith, J., y Zimmerman, J. (2008). Toward Understanding the efficacy and mechanism of *Opuntia* ssp. as a Natural Coagulant for potential application in water treatment. *Rev. SciTechnol*, p. 4274 – 4279.
- Nharingo, N. (2013). Single and binary sorption of lead (II) and Zinc (III) ions onto *Eichhornia crassipes*. *Eng. Sci Innov.*
- Nharingo, T., Zivurawa, M., y Guyo, U. (2015). Exploring the use of Cactus *Opuntia ficus-indica* in the biocoagulation-flocculation of Pb(II) ions from wastewaters. *Int. J. Environ. Sci. Technol.*
- Nazareno, P. (2011). Nuevas tecnologías desarrolladas para el aprovechamiento de las cactáceas en la elaboración de alimentos componentes funcionales y propiedades antioxidantes. *Argentina: RVCTA*.
- Nieto, C., y Orellana, V (2011). Aplicación del quitosano como promotor de floculación para disminuir la carga contaminante. *Universidad Politecnica salesina, cuenca 1-132*
- Nunes, E., Lemos, D., Silva, F., Rocha, A., Lucena, C., Meiado, M., y Lucena, R. (2016). Cuantificación físicoquímica en gorro turco [*Melocactus zehntneri* (Britto & Rose) Leutzelburg-cactaceae]. *Rev. Bras. PI. p 81-88*.
- Olivero, E., Mendoza, R., Camargo, P., y Gazabón, L. (2013). Utilización de Tuna como coagulante natural en la clarificación de aguas crudas. Colombia. *Avances invest. ingeniería. Vol 1*.
- OMS. (2019). Recuperado de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
- Orellana, J. (2005). Tratamiento de las aguas. *Ingeniería Sanitaria-UTN-FRRO*.
- Pérez, J., y Gardey, A. 2015. Definición de alcaloides. Recuperado de <https://definicion.de/alcaloides/>

Pritchard, T. (2009). Potential of using plant extracts for purification of shallow well water in Malawi. Malawi. *ScienceDirect*

Quinchia, B. (2017). Los acueductos veredales de las comunidades organizadas en el área rural del municipio de El peñol, Antioquia: un análisis a partir del régimen de servicios públicos domiciliarios en Colombia. *Universidad de Buenaventura*.

Ramírez, F. (2005). Desinfección del agua con cloro y cloraminas. España

Reria, J., Rodiño, p., y Gutierrez, E. (2016). Comportamiento de la turbidez, pH, alcalinidad y color del agua del río Sinú tratada con coagulantes naturales. Colombia: Universidad de Antioquia.

Resolución 2115 de 2007 [Ministerio de protección social, Ministerio de Ambiente. Vivienda y desarrollo territorial]. Por medio de la cual se señala características instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. Junio 22 de 2007.

Ridwan, M., Zainon, N., Chan, P., y Hamidin, N. (2011). Mechanism of turbidity and hardness removal in hard water sources by using *Moringa oleífera*. *Rev. Journal of Applied Sciences*. p. 2946 – 2953.

Rodríguez, M., y González, O. (2005). Propuesta de lineamiento de política pública en agua y saneamiento para los indígenas de Colombia. Bogotá, Colombia. *Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial de Colombia*.

Rodríguez, D. (2008). Potabilización del Agua. EOI. Madrid, España: Escuela de negocios EOI.

Rodríguez, J., Ubaque, C., y Gracia, J. (2016). Enfermedades transmitidas por el agua y saneamiento básico en Colombia. *Colombia: Revista Salud Publica*.

Romero, R. (1999). Potabilización de aguas *Tercera Ed. Escuela de Ingeniería*

Salamanca, E. (2016). Tratamiento de aguas para el consumo humano. *Módulo Arquitectura CUC, Vol.17 N°1, 29-48*.

Sarwan, B., Acharya, A., y Jonnalagadda, s. (2012). Mineralization and toxicity reduction of textile dye neutral red in aqueous phase using BiOCl photocatalysis. *Photobiol*.

Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación. (2015). primer informe de país sobre el estado de la biodiversidad para la alimentación y la agricultura. México. Recuperado de <http://www.fao.org/3/CA3426ES/ca3426es.pdf>

Teixeira, D. (2014). Distribución al conocimiento de la familia de especies Cactácea: Utiliza en la medicina popular y potencial terapéutico. *Brasil*

Torres, M. (2018). Eficiencia del coagulante natural *Hylocereus Lemairei* (penca) con cloruro de sodio, agua destilada, en el tratamiento de aguas residuales domésticas para riego. Perú: *Universidad cesar Vallejo*.

Ulloa, M., Meiado, M., Cornejo, S., y Santos, K. (2019). Morfometría y patrones de distribución de *Melocactus violaceus* subsp. *margaritaceus* (Cactaceae), en dos ecosistemas contrastantes brasileños. Brasil: El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

Universidad Nacional de Colombia. (2019). Herbario de la universidad Nacional. Recuperado de <http://www.biovirtual.unal.edu.co/>

Unicef, (2018). La infancia el agua y el saneamiento básico en los planes de desarrollo departamentales y municipales. *Bogotá, Colombia*.

Vasic, T. M. (2012). Phytic acid content in different dry bean and fava bean landraces and cultivars. ROMA: *Agric. Res*

Yilmaz, Y., y Toledo, R. (2004). Aspectos sanitarios de los constituyentes de semilla de uva funcional. *Tendencia ciencia de los alimentos*. P.422-433.

Yin, C. (2010). Emerging usage of plant-based coagulants for water and wastewater treatment. Malaysia: Elsevier