

Generalidades de coagulantes naturales empleados en el tratamiento de agua potable

Juan Fernando Muñoz Paredes

Javier Mauricio Villota Paz

Laura Isabel Márquez Muñoz

Profesores de Ingeniería de Procesos
Universidad Mariana

Diana Alejandra Guzmán Paz

Estudiante de Ingeniería de Procesos
Universidad Mariana

Introducción

El recurso hídrico es muy importante para la supervivencia de la vida en el planeta; por esta razón, es esencial tomar medidas para protegerlo y mantenerlo en cantidad y calidad. Además de ser vital, este recurso impulsa el progreso de las naciones. La forma como se aprovecha el agua mediante acciones sostenibles, depende de nuestro entendimiento de ella y de la forma cómo los sistemas hídricos funcionan (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), 2019).

La creciente demanda de agua está siendo impulsada por diversos factores como el aumento rápido de la población, la urbanización y las presiones ejercidas por actividades humanas como la agricultura, la industria y la generación de energía. Según el informe de las Naciones Unidas (2020) sobre el cumplimiento de las metas propuestas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), se presenta cifras alarmantes como que, 1.200 millones de personas en el mundo no tienen acceso a servicios básicos de agua potable y saneamiento. A este ritmo, se estima que para el año 2030 la cobertura alcanzará solo el 81 %, lo que significa que aún 1.600 millones de personas carecerán de este servicio para esa fecha.

Teniendo en cuenta la importancia del acceso al adecuado tratamiento de agua potable para todas las comunidades del planeta y, el tratamiento de aguas residuales con el fin de no deteriorar los recursos hídricos, los polímeros naturales extraídos de especies vegetales son considerados en la actualidad de mucho interés, como agentes para el tratamiento de agua potable y de aguas residuales, gracias a sus propiedades químicas y a no generar residuos nocivos para la salud de las personas, debido a su naturaleza orgánica y bajo costo (Bravo, 2017).

Dado lo crucial que es garantizar que todas las comunidades tengan acceso a un tratamiento adecuado de agua potable y a la gestión de aguas residuales para proteger los recursos hídricos, los polímeros naturales obtenidos de algunas especies vegetales, están ganando considerable atención como agentes para estos procesos. Su interés radica en sus propiedades químicas, su capacidad para no generar residuos dañinos para la salud humana debido a su naturaleza orgánica y, su costo relativamente bajo (Bravo, 2017).

Generalidades del tratamiento de agua potable

El tratamiento del agua se puede considerar como un conjunto de etapas mediante las cuales el agua cruda puede convertirse en agua apta para el consumo humano. Generalmente, este conjunto de etapas se compone de operaciones físicas y químicas, mediante la adición de uno u otro tipo de reactivo químico o natural, seguido de procesos de filtración y desinfección. Como parte de la normatividad ambiental vigente en Colombia, la resolución 2115 del 22 de junio de 2017 relaciona las características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad de agua para consumo humano.

En la Tabla 1 se puede observar un resumen de las principales operaciones empleadas en el tratamiento de agua potable.

Tabla 1
Principales operaciones empleadas en el tratamiento de agua potable

Tratamiento preliminar	
Cribado	Eliminación de residuos de gran tamaño
Pretratamiento químico	Eliminación de algas y de otra variedad de elementos acuáticos
Presedimentación	Eliminación de partículas como grava, arena, limo
Tratamiento principal	
Coagulación - floculación	Desestabilización de partículas coloidales
Sedimentación	Eliminación de partículas sólidas que pueden sedimentar
Filtración	Eliminación de sólidos finos, de flóculos en suspensión y de microorganismos
Desinfección	Eliminación de microorganismos que afectan la salud de las personas

Nota. Adaptado de Romero (1999).

Coagulantes naturales empleados en el tratamiento de agua potable

Los métodos convencionales para el tratamiento de agua potable dependen del uso de coagulantes químicos para eliminar los diversos contaminantes. Aunque estos productos han sido dominantes durante años, especialmente en áreas con acceso limitado a alternativas naturales, como en naciones emergentes y pobres, la evolución de los coagulantes naturales ha sido lenta. A medida que los métodos tradicionales de clarificación del agua se vuelven obsoletos, se ha establecido una clara diferencia entre los dos tipos de coagulantes (Choy et al., 2014).

Los coagulantes naturales no son un tema nuevo; existen evidencias de su utilización en la eliminación de

la turbiedad del agua, en regiones como África, China e India desde hace más de 2.000 años (Diver et al., 2023).

Un aspecto significativo de los coagulantes naturales en contraste con los coagulantes químicos, es que son sustancias que ofrecen mayor seguridad en su aplicación, son amigables con el medio ambiente y están libres de sustancias tóxicas, además de generar una reducción considerable en la producción de lodo en el tratamiento. En cuanto al avance en la comercialización de estos compuestos, existen varios factores por los cuales este proceso no se ha llevado a cabo de una manera ágil, entre ellos, los factores financieros, investigativos y de desarrollo, la concientización de los mercados y la normatividad en muchos países (Diver et al., 2023).

En este sentido y, de acuerdo con la competencia desde la academia, vale la pena mencionar la importancia de la investigación y desarrollo con estos nuevos productos, de suerte que se obtenga mayor cantidad de resultados que permitan conocer las debilidades y fortalezas de este tipo de operaciones y, mejor aún, que permitan escalar los resultados para el tratamiento de agua en plantas reales. Por otra parte, desde el punto de vista de los mercados, es primordial el conocimiento y el avance de estos productos a nivel global, para que se conozca y se incremente su uso, lo cual podría ir acompañado del reconocimiento de los muchos beneficios ambientales, económicos y sociales, entre otros, que trae consigo la aplicación y uso de este tipo de coagulantes (Diver et al., 2023)

Ventajas del uso de coagulantes naturales en el tratamiento de agua potable

Al adicionar en el proceso de coagulación estos componentes, los flóculos se forman de forma rápida, obteniendo flóculos de mayor tamaño y, por lo tanto, gradientes altos de floculación. Al obtener este tipo de sustancias de residuos de otros procesos, se contribuye con el aprovechamiento de este tipo de subproductos, en otros procesos industriales. Por otra parte, se genera menor volumen de lodos en el tratamiento, en comparación con procesos que utilizan coagulantes químicos; estos lodos son biodegradables y menos tóxicos y, obviamente, su disminución impacta en los costos de operación de las plantas de tratamiento. Finalmente, este tipo de sustancias no tiene efecto en la disminución de pH, por lo cual no se incurre en costos adicionales en la adecuación de esta variable (Castellanos, 2017)

Tipos de coagulantes naturales utilizados en el tratamiento de agua potable

Existen muchos tipos y variedades de coagulantes naturales empleados en el tratamiento de agua potable: entre ellos, se puede mencionar los siguientes:

- **Coagulantes de origen vegetal**

Los coagulantes naturales derivados de especies vegetales incluyen extractos o partes de plantas como semillas, raíces, hojas o frutas. Ejemplos comunes incluyen la semilla de moringa (*Moringa oleífera*), cáscara de plátano, semillas de okra, semillas de sacha inchi, semillas de mora y semillas de alumbre, entre otras.

Moringa oleífera. Es una planta de la familia Moringaceae, originaria de países como India y presente en otras regiones del planeta como Asia, África y América. Ha demostrado excelentes resultados en el tratamiento del agua, especialmente en la eliminación de turbiedad, sólidos suspendidos, colorantes y demanda química de oxígeno, entre otros contaminantes. Sus semillas, tanto enteras como con cáscara, son utilizadas en la formación de polvo soluble en agua, que ha mostrado ser efectivo en el tratamiento de agua (Okuda 2001, como se citó en Bravo, 2017).

Opuntia ficus-indica. Se refiere a un tipo de cactus, también conocido como cactácea o tuna, que se adapta fácilmente en áreas con escasez de agua. Presenta hojas con pocas espinas, un tallo carnoso de color verde y flores de colores llamativos. Sus frutos son carnosos y comestibles. Esta especie se utiliza en la eliminación de turbiedad y color en el agua, con resultados destacados de más del 70 % y 50 %, respectivamente (Castellanos, 2017)

Castaño de indias. Es una planta originaria de Europa, cuyos extractos contienen una alta concentración de proteínas, que varía entre el 45 % y el 55 %. Estos extractos han demostrado ser altamente efectivos en la eliminación de turbiedad y de sólidos suspendidos totales (Sciban 2009, como se citó en Bravo, 2017)

Plantago mayor L. Es una planta que se encuentra en zonas húmedas con distribución variada; sus componentes activos son extraídos generalmente mediante la pulverización de sus semillas y su disolución en una solución de cloruro de sodio (NaCl) al 0,9 %. Estos componentes activos son polisacáridos con propiedades viscosas que se emplea en la eliminación del color del agua (Beltrán-Heredia 2009, como se citó en Bravo, 2017).

- **Almidones empleados como coagulantes naturales**

El uso de almidones como coagulantes naturales en el tratamiento de agua potable es una práctica cada vez más común y prometedora. Los almidones son polisacáridos naturales que se encuentran comúnmente en plantas como el maíz, la papa, el trigo y el arroz. Su capacidad para actuar como coagulantes se debe a su estructura molecular, ya que puede interactuar con las partículas suspendidas y los contaminantes presentes en el agua.

La utilización de almidones como coagulantes naturales en el proceso de tratamiento de agua potable está ganando popularidad y reconocimiento como una práctica prometedora. Los almidones, que son polisacáridos naturales presentes en diversas plantas como el maíz, la papa, el trigo y el arroz, muestran capacidad coagulante debido a su composición molecular que les permite interactuar con las partículas suspendidas y los contaminantes presentes en el agua.

- **Coagulantes de origen animal**

Aunque menos frecuentes, ciertos productos de origen animal pueden exhibir propiedades coagulantes, como la quitina extraída de las conchas de crustáceos. La quitina tiene la capacidad de formar complejos poliméricos con partículas en suspensión y materia orgánica en el agua, lo que facilita su eliminación durante el proceso de coagulación y floculación. Es un material biodegradable y renovable, lo que la convierte en una alternativa respetuosa con el medio ambiente, en comparación con algunos coagulantes químicos tradicionales que pueden persistir en el medio ambiente y ocasionar impactos adversos. Además, suelen ser menos tóxicos que ciertos coagulantes químicos, lo que contribuye a la seguridad del agua tratada y al cumplimiento de las regulaciones ambientales. Además de su función como coagulante, la quitina también puede adsorber algunos contaminantes orgánicos e inorgánicos presentes en el agua, mejorando así la calidad del agua tratada. La quitina puede integrarse fácilmente en los procesos de tratamiento de agua existentes, lo que simplifica su implementación en las plantas de tratamiento de agua potable (Sophia y Lima, 2018).

Compuestos extracelulares

La aplicación de compuestos extracelulares como agentes coagulantes en el tratamiento de agua potable es una estrategia emergente con un gran potencial. Estos compuestos, generados por microorganismos como bacterias, algas y hongos, poseen la capacidad de inducir la coagulación y la eliminación de impurezas del agua.

Uno de los compuestos extracelulares más investigados es el ácido algínico, un polisacárido producido por algas marinas y ciertas bacterias. Se ha comprobado su eficacia como coagulante en la remoción de partículas en suspensión y materia orgánica presentes en el agua potable.

Otro ejemplo de compuesto extracelular empleado como coagulante es el exopolisacárido producido por algunas cepas bacterianas, que ha demostrado ser efectivo en la coagulación de partículas coloidales y en la eliminación de microorganismos patógenos del agua. Su capacidad para formar agregados con las partículas suspendidas facilita su sedimentación y la subsiguiente eliminación del agua tratada. Principio del formulario

Referencias

- Bravo, M. A. (2017). *Coagulantes y floculantes naturales usados en la reducción de turbidez, sólidos suspendidos, colorantes y metales pesados en aguas residuales* [Tesis de Pregrado, Universidad Francisco José de Caldas]. <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/5609>
- Castellanos, F. L. (2017). *Revision del uso de coagulantes natuarles en el proceso de clarificación del agua en Colombia* [Tesis de Especialización, Universidad Militar Nueva Granada]. <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/17102>
- Choy, S. Y., Prasad, K. M., Wu, T. Y., Raghunandan, M. E., & Ramanan, R. N. (2014). Utilization of plant-based natural coagulants as future alternatives towards sustainable water clarification. *Journal of Environmental Sciences (China)*, 26(11), 2178-2189. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2014.09.024>
- Diver, D., Nhapi, I., & Ruziwa, W. R. (2023). The potential and constraints of replacing conventional chemical coagulants with natural plant extracts in water and wastewater treatment. *Environmental Advances*, 13(May), 100421. <https://doi.org/10.1016/j.envadv.2023.100421>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2019). Estudio Nacional del Agua 2018. https://www.andi.com.co/Uploads/ENA_2018-comprimido.pdf
- Naciones Unidas. (2020). Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2020. https://unstats.un.org/sdgs/report/2020/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2020_Spanish.pdf
- Resolución 2115 de 2017. (2017, 22 de junio). Ministerio de la Protección Social y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. https://scj.gov.co/sites/default/files/marco-legal/Res_2115_de_2007.pdf
- Romero, J. A. (1999). *Potabilizacion del agua* (3.ª ed.). Alfaomega.
- Sophia, A. C. & Lima, E. C. (2018). Removal of emerging contaminants from the environment by adsorption. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 15(150), 1-17. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.12.026>