

EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DEL PODER COAGULANTE DE EXTRACTOS NATURALES EMPLEADOS EN LA CLARIFICACIÓN DE AGUAS

Luis Arturo Torres Castañón¹, Luis Armando De la Peña Arellano¹, José Alberto Gallegos Infante², Ma. Dolores Josefina Rodríguez Rosales¹, Felipe Samuel Hernández Rodarte¹

¹ Maestría en Sistemas Ambientales. División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Durango, Felipe Pescador 1830 Ote., Nueva Vizcaya, Durango, Dgo., C.P. 34080, México. torres.castanon.luis@gmail.com

² Maestría en Ciencias en Ingeniería Bioquímica. División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Durango, Felipe Pescador 1830 Ote., Nueva Vizcaya, Durango, Dgo., C.P. 34080, México.

Resumen

Esta investigación evaluó el poder coagulante de dos extractos naturales obtenidos, el primero a partir de cladodios de cactácea y el segundo a partir de cascara de manzana; éstos se caracterizaron fisicoquímicamente para determinar los agentes activos. La evaluación experimental de dichos extractos se llevó a cabo mediante el método de prueba ASTM 2035-13 (Método de análisis prueba de jarras para coagulación floculación en agua), las variables estudiadas en la etapa experimental fueron el pH y la dosificación de extracto, la variable de respuesta medida fue la turbiedad. Se estableció un diseño experimental con arreglo aleatorio con dos réplicas. Las condiciones óptimas de operación se obtuvieron con base en el análisis estadístico de los datos obtenidos en la etapa experimental con la ayuda del software especializado. Los extractos obtenidos demostraron ser eficientes en el proceso de remoción de turbidez del agua, logrando resultados superiores al 80% con dosis equiparables a las reportadas en la literatura al emplear un coagulante metálico de uso comercial.

Introducción

El tratamiento de las aguas residuales se ha convertido en tema prioritario a nivel mundial, esto con el fin de disponer de agua en calidad y cantidad suficiente [1]. La clarificación es uno de los procesos más utilizados en el tratamiento del agua, se emplea para la remoción de turbiedad y color mediante la adición de coagulantes y floculantes sintéticos que presentan algunas desventajas asociadas, principalmente a los altos costos de adquisición, producción de grandes volúmenes de lodos tóxicos y sobre todo alteraciones en el pH del agua tratada. Los coagulantes naturales son sustancias de origen animal o vegetal solubles en agua, capaces de desestabilizar las partículas en suspensión contenidas en el agua cruda, logrando una rápida sedimentación de éstas y reduciendo la turbiedad inicial, además algunos de estos coagulantes reducen o eliminan microorganismos patógenos presentes en el agua residual ya que presentan propiedades antimicrobianas [2]. Debido a esto, esta investigación se centró en la búsqueda de coagulantes naturales como una alternativa, que sean amigables con el medio ambiente para su empleo en la clarificación de aguas y aguas residuales.

Metodología

Selección de la materia prima.

La materia prima utilizada (cactácea y manzana) se seleccionó en base a los siguientes criterios:

- Se encuentra disponible en la región de estudio (Durango, Dgo, México).
- Es aprovechable en abundancia para su recolección.
- Su obtención no representa ningún riesgo al ecosistema del que forma parte.

Obtención de los extractos.

Para la obtención del extracto a partir de nopal se utilizaron cuatro pencas de 28 cm de largo, 16 cm de ancho y 2 cm de espesor en promedio, y con un peso total de 2658.5 g., fueron lavadas y peladas para retirarles la cutícula. La pulpa libre de cutícula se cortó en tiras las cuales fueron sometidas a un proceso de secado por 48 horas continuas a una temperatura de 60 °C. La materia seca se trituro en un molino para reducir el tamaño de partícula, obteniéndose un polvo de tonalidad verde. Del polvo obtenido se tomaron 10 g. y se llevaron a una extracción Soxhlet durante 90 min. para retirar la clorofila, obteniendo un polvo de color beige que fue secado a temperatura ambiente por 24 hrs. [3]. En la preparación del extracto de manzana se tomaron tiras de la cascara de aproximadamente 1 mm de espesor que fue cortada en trozos de 0.5 x 0.5 mm, posteriormente se sometió a secado a una temperatura de 60 °C por 24 hrs., la materia seca se llevó a molienda para reducir el tamaño de partícula; el polvo obtenido base de taninos se sometió a un proceso de cationización a través de un tratamiento químico llamado reacción de Mannich [4], que consiste en la introducción de un nitrógeno cuaternario dentro de la estructura del tanino, mediante la reacción de un aldehído y una amina [5], el tanino resultante posee un peso molecular más alto debido a la reticulación del aldehído y la base Mannich, además de ser anfótero por la presencia de aminas catiónicas y fenoles aniónicos en el polímero obtenido [6].

Caracterización de los extractos.

El análisis cuantitativo de los polisacáridos y taninos (agentes activos) extraídos a partir de cladodios de nopal y cascara de manzana respectivamente, se efectuaron mediante métodos colorimétricos. La Tabla 1 muestra el resumen de las técnicas utilizadas.

Tabla 1.- Técnicas utilizadas en la caracterización de extractos

Extracto	Método de prueba	Estándar de referencia	Equipo Utilizado	Descripción
Cladodios de nopal	Fenol – sulfúrico	Sacarosa	Espectrofotómetro HACH DR/4000 UV-VIS	Se basa en los productos de reacción y degradación del ácido y del azúcar, en donde el azúcar se torna fundamentalmente hidroximetilfurfural (HMF) o furfural (F), generando colores amarillos y/o anaranjados
Cascara de manzana	Método Folin-Ciocalteu	Ácido gálico	Espectrofotómetro HACH DR/4000 UV-VIS	Los compuestos fenólicos reaccionan con el reactivo de Folin-Ciocalteu, a pH básico, dando lugar a una coloración azul susceptible de ser determinada espectrofotométricamente a 765 nm.

Prueba de jarras.

Para la realización de esta prueba se preparó una solución madre de agua turbia sintética, la solución fue preparada disolviendo 10 g de arcilla de caolín por cada litro de agua destilada, la suspensión fue agitada a 20 rpm durante una hora para permitir la dispersión uniforme de las partículas. La suspensión se dejó reposar por 24 hr para permitir la completa hidratación de la arcilla [7].

Se efectuaron pruebas de jarras para evaluar la efectividad de los extractos de acuerdo al método de prueba ASTM D2035-13. Las variables en estudio fueron pH (3, 7 y 10) y dosificación de coagulante (20, 40, 60 y 80 mg/L), la variable de respuesta fue la turbiedad que se determinó con base en el método NMX-AA-038-SCFI-2001, cada prueba experimental se realizó por duplicado.

Resultados

La caracterización fisicoquímica de los extractos obtenidos se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2.- Características fisicoquímicas de los extractos

Extracto	Método de prueba	Estándar de referencia	Agente activo/ concentración	Estado físico	pH (Sol. 1%)	Color
Cladodios de nopal	Fenol - sulfúrico	Sacarosa	Polisacáridos/ 130 mg/L	Solido	5.8	Beige
Cascara de manzana	Método Folin-Ciocalteu	Ácido gálico	Taninos/ 80 mg/L	Solido	4.0	Café

La Figura 1 muestra los extractos obtenidos, el extracto de nopal (Figura 1a), es un polvo beige, mientras que el extracto de manzana (Figura 1b), es un sólido tipo resina con coloración café.

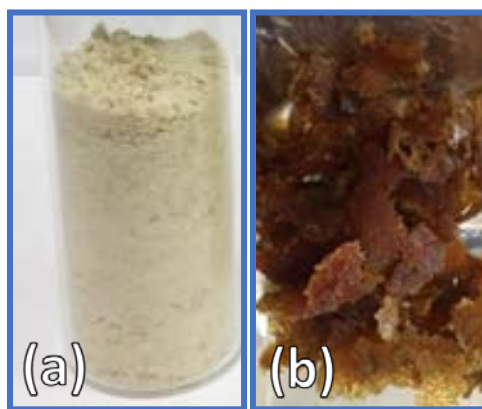


Figura 1.- (a) Extracto de nopal (b) Extracto de manzana

La Figura 2 muestra el porcentaje de remoción de turbidez utilizando extracto de nopal como coagulante primario en función de la dosis del coagulante y pH. Las pruebas realizadas demostraron que las condiciones óptimas para el tratamiento del agua sintética con una turbidez inicial de 500 NTU empleando el extracto a partir de nopal fueron: dosis de coagulante de 80 mg/L y un pH de 10, alcanzando eficiencias de remoción de turbidez superiores al 80%. Se observó que a un pH ácido de operación el extracto de nopal a una dosis de 40 mg/L obtuvo remociones de turbidez igual o menores al 80%, mientras que la menor eficiencia fue a un pH neutro obteniendo remociones por debajo del 40%.

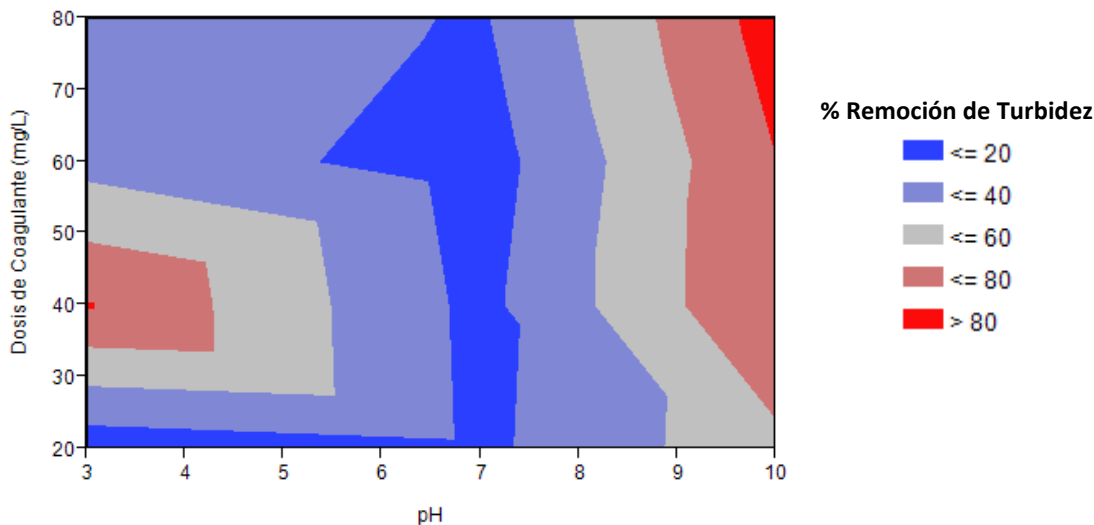


Figura 2.- Eficiencias de remoción de turbidez empleando extracto de nopal

El extracto de manzana probado en el agua sintética preparada alcanzó eficiencias por encima del 70% independiente de la dosis de coagulante usada o el pH de operación. La remoción más alta se alcanzó trabajando a un pH de 7 utilizando una dosis de 20 mg/L en agua con una turbidez inicial de 400 NTU, representando una ventaja al lograr una remoción superior al 86% con el mínimo de recursos. La dosis de 40 mg/L fue la dosis que presentó la menor eficiencia de remoción de turbidez trabajando a un pH ácido. En la Figura 3 se puede observar el comportamiento antes mencionado.

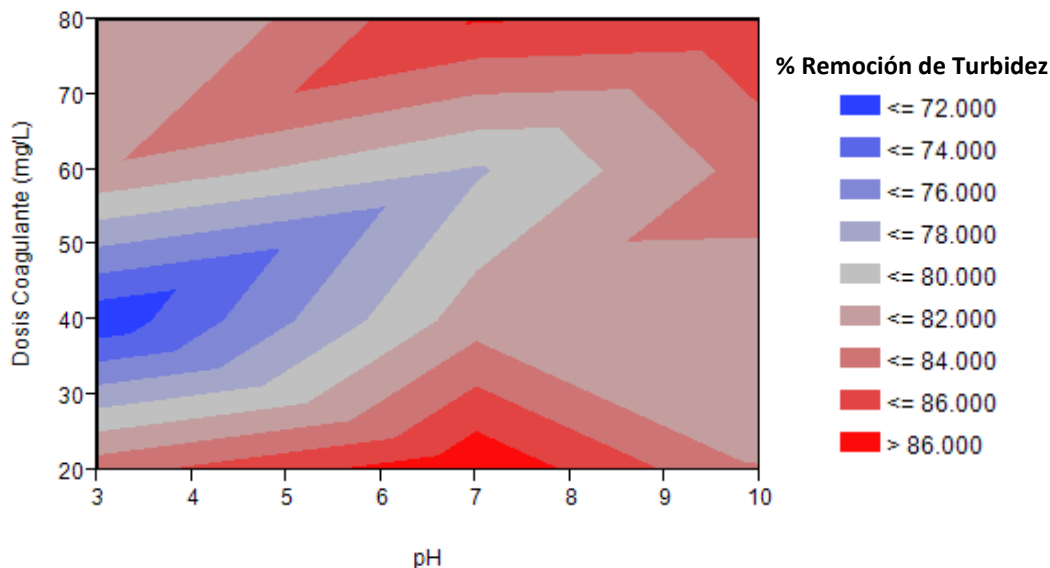


Figura 3.- Eficiencias de remoción de turbidez empleando extracto de manzana

La Figura 4 muestra las imágenes obtenidas de las pruebas de jarras realizadas para la remoción de turbidez empleando los extractos de nopal y manzana respectivamente.

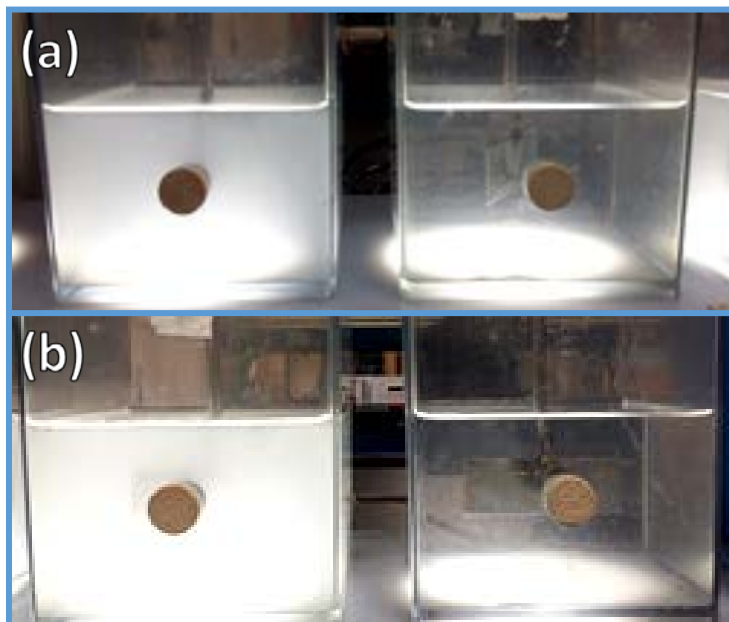


Figura 4.- (a) Remoción de turbidez utilizando nopal (b) Remoción de turbidez usando manzana

Conclusiones

Derivado del presente estudio se puede concluir que los extractos obtenidos demostraron ser eficientes en el proceso de remoción de turbidez del agua, logrando resultados superiores al 80% con dosis equiparables al emplear un coagulante metálico de uso comercial. El extracto de manzana mostro ventajas sobre el extracto de nopal debido a que el rango de operación del pH es más amplio y requiere dosis menores, su mayor eficiencia se obtuvo en pH neutro y con una dosis de 20 mg/L, en comparación con el extracto de nopal que mostro su mejor desempeño a un pH de 10 y una dosis de 80 mg/L. El empleo de estos coagulantes naturales no modificó el pH del agua tratada y presentan ventajas asociadas con la fácil obtención y manejo de los mismos.

Referencias

- [1] I. Mancilla Casimiro, "Ingeniería de detalle en un sistema de tratamiento de agua residual mediante una fosa séptica acoplado a un humedal para fines de reúso.," Universidad Nacional Autónoma de México Tesis, 2016a.
- [2] B. García Fayos, "Metodología de extracción in situ de coagulantes naturales para la clarificación de agua superficial. Aplicacion es países en vías de desarrollo.," Universidad Politecnica de Valencia, 2007b.
- [3] A. Villabona Ortiz, I. C. Paz Astudillo, and J. Martínez García, "Characterization of *Opuntia ficus-indica* for using as a natural coagulant," *Rev. Colomb. Biotecnol.*, vol. XV, pp. 137–144, 2013c.
- [4] L. H. Lamb and O. Guimarães Decusati, "Manufacturing process for quaternary Ammonium Tannate, a vegetable coagulating/flocculating agent," US 6,478,986 B1, 2002d.
- [5] M. Tramontini and L. Angiolini, *Mannich Bases. Chemistry and Uses*. Boca Raton,: CRC Press, 1994e.
- [6] J. Beltrán-Heredia, J. Sánchez-Maritn, and M. . Davila-Acevedo, "Optimization of the synthesis of a new coagulant from a tannin extract," *ELSEVIER*, vol. 186, pp. 1704–1712, 2011f.
- [7] G. Muthuraman and S. Sasikala, "Removal of turbidity from drinking water using natural coagulants," *J. Ind. Eng. Chem.*, vol. XX, pp. 1727–1731, 2014g.