

ANÁLISIS DEL EFECTO COAGULANTE DE LA SEMILLA *Moringa oleífera* PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL HOTEL ÍTACA.

Autor(es): Edith Karina Hernández Jiménez¹ – khernandezj@outlook.com
Andrea Jessenia Perilla Niño² – ajessenian.p@gmail.com

Docente asesor: Carlos Díaz Rodríguez

Semillero de investigación: Ambiente ético y estratégico - AEE

RESUMEN

Los estudios relacionados con el aprovechamiento de la flora, han logrado demostrar los beneficios económicos y sociales obtenidos tras la implementación de especies en diferentes actividades antrópicas. Una de las especies sobresalientes en este tipo de investigaciones es la *Moringa oleífera*, planta originaria de la India, cuyas propiedades se han desarrollado en la industria de los alimentos, los fármacos, la fabricación de fertilizantes y coagulantes. Está última aplicación debido a la proteína catiónica dimérica MOC-SC-PC³ que coagula los contaminantes en aguas turbias. Con el objetivo de determinar la viabilidad técnica del efecto coagulante de la semilla de la planta *Moringa oleífera* se realizaron ensayos de laborato-

rio para extraer el agente activo de la semilla, posteriormente se implementó como bio-coagulante en análisis de calidad de agua en el ámbito químico y físico en una alícuota extraída de los tanques de sedimentación de agua residual del balneario Ítaca ubicado en el municipio de la Vega – Cundinamarca. Se obtuvieron resultados favorables para el uso del bio-coagulante en aguas residuales con condiciones de turbidez de 12,6 NTU, los análisis químicos y físicos demostraron una eficiencia en la remoción de partículas coloidales suspendidas del 50% para una dosis de 0,15 g de bio-coagulante por litro de agua contaminada a tratar en los análisis de laboratorio cumpliendo con los parámetros estipulados en la Resolución 1207 de 2014.

¹ Administración ambiental.

² Administración ambiental.

³ Las siglas MOC-SC-PC (*Moringa oleífera* Coagulant - NaOH Solution- Purified Coagulant) hacen referen-

cia al tipo de extracción de la proteína dimérica, como mencionan (Sánchez, Martínez, Sinagawa, & Vázquez, 2013) en su artículo “*Moringa oleífera; importancia, funcionalidad y estudios involucrados*”.

PALABRAS CLAVES

Biocoagulante, tratamiento de aguas residuales, costo-beneficio, tecnología natural, restauración hídrica, purificación.

ABSTRACT

Studies related to the use of flora have been able to demonstrate the economic and social benefits obtained after the implementation of species in different anthropic activities. One of the outstanding species in this type of research is the *Moringa oleifera*, a plant native to India, whose properties have been developed in the food industry, drugs, the manufacture of fertilizers and coagulants. This last application is due to the cationic dimeric protein MOC-SC-PC¹ that coagulates contaminants in murky waters. In order to determine the technical feasibility of the coagulant effect of the seed of the *Moringa oleifera* plant, laboratory tests were carried out to extract the active agent from the seed, subsequently it was implemented as a biocoagulant in water quality analysis in the chemical and physical field in an aliquot extracted from the wastewater sedimentation

tanks of the Itaca resort located in the municipality of La Vega - Cundinamarca. Favorable results were obtained for the use of the biocoagulant in wastewater with turbidity conditions of 12.6 NTU, chemical and physical analyzes demonstrated an efficiency in the removal of suspended colloidal particles of 50% for a dose of 0.15 g of biocoagulant per liter of contaminated water to be treated in laboratory tests complying with the parameters stipulated in Resolution 1207 of 2014.

KEYWORDS

Biocoagulant, wastewater treatment, cost-benefit, natural technology, water restoration, purification.

INTRODUCCIÓN

El estudio de tecnologías alternativas orientadas al tratamiento de aguas superficiales afectadas por vertimientos, abre la posibilidad a la utilización de coagulantes naturales en procesos de depuración y purificación; este tipo de investigaciones se hacen necesarias teniendo en cuenta las condiciones socio

-económicas y políticas actuales del país; las cuales según las últimas revisiones de la Asociación Colombiana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (ACODAL) reflejan que solo 31% de las ciudades colombianas cuenta con sistemas de tratamiento de aguas residuales (El Tiempo, 2017). La escasez de agua y la intensificación de los cultivos, junto a otros factores, resultan de importante relevancia para lograr la sustentabilidad de los sistemas empresariales, es necesario, por tanto, optimizar el uso del agua en todos los ámbitos. Aunque la práctica del turismo ubicado en el sector económico de servicios, no es de los sectores primarios que más recursos hídricos utiliza (estos datos siempre van encabezados por el uso del agua en la agricultura), para La Vega un municipio de vocación rural ubicado en el departamento de Cundinamarca el sector servicios representa un 77,8% y el comercio con un 51,5% puesto que son estas las dos actividades que concentran la mayor atención de la población por ser generadoras de empleo (DANE,2013) . Si es cierto que se debe apostar por la utilización de sistemas que supongan un ahorro de agua para

el sector de servicios enfocados al turismo, se debe propender también por una disminución del caudal de agua residual generado, para lo cual existen tecnologías utilizadas para el tratamiento del recurso hídrico que incluyen tratamientos químicos, físicos y biológicos. Una alternativa es el uso de coagulantes naturales para el tratamiento de aguas que puedan llegar a obtener altos niveles de remoción de cargas contaminantes con dosis bajas, de compuestos de origen natural y con posibilidad de recirculación a nivel empresarial para usos secundarios como riego, jardinería, lavado de superficies, etc... Para este caso en específico se plantea el uso de un biocoagulante obtenido a partir de la extracción del agente activo de las semillas de la planta *Moringa oleifera*. Se pretende dar respuesta a la siguiente pregunta: ¿Cuál es la eficiencia del biocoagulante extraído de la semilla *Moringa oleifera*, necesaria para lograr un tratamiento adecuado en aguas residuales con niveles de turbidez bajas? Esto mediante análisis de conveniencia técnica que permita observar el efecto coagulante de

la semilla y su impacto en las características físicas y químicas de una alícuota.

MÉTODOS

Definición unidad de análisis

Para la realización del presente estudio se procedió a definir como unidad de observación el balneario Hotel Campestre Itaca, que se encuentra ubicado en el kilómetro 10 Vía La Vega Villeta, Nocaima en el departamento de Cundinamarca, este presta sus servicios desde el 2011 y cuenta con una extensión de 11.600 m². Para el tratamiento de sus vertimientos cuentan con tanques de sedimentación, instalados desde hace 8 años, lo que representa una oportunidad para la implementación de una nueva tecnología que permita el aprovechamiento de dichos vertimientos.

Obtención y acondicionamiento de materia prima

Las semillas de la especie *Moringa oleifera* se lograron obtener por medio de la empresa Moringa Morelos ubicada en Pasto. Luego de la adquisición de una libra de estas semillas se

debe proceder con la extracción del agente coagulante en el laboratorio de Biotecnología de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas de la sede Bosa-Porvenir. En primera instancia se debe remover la cascara de las semillas, luego someter al proceso de molienda, el resultado de este proceso se tamiza para conseguir un tamaño de partícula entre 0,25 mm y 1,25mm. Con el fin de eliminar la carga orgánica de la semilla y aumentar su eficiencia en el proceso de fitorremediación, la harina se ha de someter a la extracción de la proteína catiónica dimérica MOC-SC-PC (Villaseñor-Basulto, Astudillo-Sánchez, del Real-Olvera, & amp; Bandala, 2018). Este proceso radica en: disolver en 10,0 ml de solución salina de NaCl, al 1,0% M 0,10 gramos de polvo de semilla para obtener una concentración de 10.000 mg/l, la solución resultante se centrifuga durante 15 minutos a 4000 rpm. El extracto resultante de la centrifugación se congela durante 12 horas a -20°C, seguidamente debe pasar por un proceso de liofilización desarrollado de la siguiente forma: Se debe introducir la mues-

tra congelada en uno de los recipientes de la cámara de sublimación y conectar al vacío durante 24 horas continuas. Finalizada la liofilización se debe realizar el proceso inverso para romper el vacío de la muestra, y así dejar entrar lentamente el aire, de esta manera se logra extraer 3,7 gramos de polvo biocoagulante liofilizado a partir de 10 gramos de semillas de la especie *Moringa oleifera*. Finalmente se debe almacenar en recipientes herméticos al oxígeno y así evitar la desnaturalización de proteínas.

Montaje pruebas de laboratorio

Se procede a realizar el montaje de los ensayos de laboratorio para los análisis de la alícuota tomada de la planta de tratamiento del balneario en el ámbito organoléptico y físico-químico antes y después de suministrar las dosis del biocoagulante extraído de la semilla de la *Moringa oleifera*, lo que tuvo lugar en el laboratorio de calidad de aguas de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas de la sede Bosa-Porvenir. Se efectúa el análisis de siete parámetros físico-químicos (pH, turbidez, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos,

cloruros, acidez, alcalinidad), y pruebas de tratabilidad por medio del test de jarras para determinación de dosis óptima; según los lineamientos procedimentales planteados por los docentes (Cárdenas León, 2005) y (Guerra Rodríguez, 2015) mediante diversas pruebas.

Análisis de resultados

Se tabula los resultados obtenidos en los análisis de laboratorio y se procede a realizar cálculos de estequiometría para los parámetros de acidez, alcalinidad y cloruros. Dado que la orientación del tratamiento es la coagulación y disminución de turbidez en las aguas residuales domésticas en las que se proyecta implementar, es imperante determinar el porcentaje de eficiencia del biocoagulante obtenido a partir del extracto salino de la proteína catiónica dimérica MOC-SC-PC de la semilla de *Moringa oleifera*. Para dicha determinación de la disminución de las partículas coloidales en suspensión de la alícuota analizada se procedió a utilizar la fórmula de eficiencia de remoción de carga contaminan-

te en un sistema de tratamiento de aguas residuales. Posteriormente estos resultados se han de comparar con los límites máximos permisibles estipulados en la Resolución 1207 de 2014.

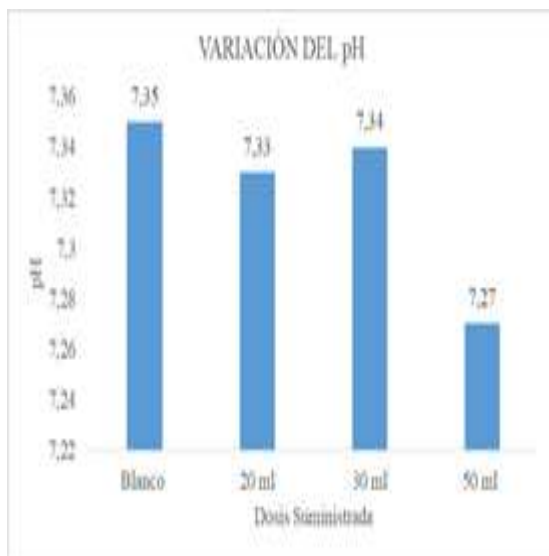
RESULTADOS

Se estudió el comportamiento de una alícuota, con turbidez promedio de 12,6 NTU, antes y luego de suministrar tres dosis diferentes del

biocoagulante extraído de la semilla de la *Moringa oleifera* en el test de jarras.

Se analizaron tres dosis de biocoagulante diluido en agua desionizada correspondientes a 20ml, 30ml y 50ml, las cuales corresponden a una cantidad de 0,10g, 0,15g y 0,25g de biocoagulante, respectivamente. De estas dosis se obtuvieron los siguientes resultados:

Gráfico 1: Variación del pH



Fuente: (Autoras, 2019)

Gráfico 2: Variación de la Turbidez



Fuente: (Autoras, 2019)

En cuanto al análisis organoléptico se correlacionaron las características de color, olor, aspecto y turbidez con la tabla suministrada por (Cárdenas León, 2005, pág. 65), como se evidencia en la Tabla 1 Análisis organoléptico.

El parámetro físico pH no manifestó un cambio significativo, variando de 7,35 a 7,34 (como valor de mayor rango) y 7,24 (como valor de menor rango), como se muestra en el gráfico 1 variación de pH.

Tabla 1: Análisis organoléptico

CARACTERÍSTICA	TIPO	CORRELACIÓN APROXIMADA
Color	Grisáceo	Aguas residuales domésticas (ARD)
Olor	Olor a Sulfuro	ARD y en general agua con abundante materia orgánica
Aspecto	Uniforme y transparente Aguas con sólidos sedimentables	Aguas dulces y frescas Cuerpos de aguas en movimiento
Turbidez	Poco turbia	Subterráneas y superficiales o afectadas por ARD

Fuente 1. (Cárdenas León, 2015, pg. 65)

En el caso de la conductividad eléctrica (EC) y sólidos totales suspendidos (TDS) al adicionar la dosis 0,15 g/l se observó que dicha dosis no altera de manera negativa los parámetros mencionados, en este sentido la EC no presentó cambios significativos y su resultado final tras el uso del biocoagulante se mantuvo en 1,6 mS/cm. Por otro lado los TDS no superaron los 850 mg/l.

Para la muestra tratada con una dosis de 0,10 g/l de biocoagulante se observó un aumento en la EC a 1,71 mS/cm y en TDS a 872,9 mg/l, adicionalmente, al momento de suministrar una dosis de 0,25 g/l de biocoagulante la EC aumento a 1,71 mS/cm y los TDS a 875 mg/l.

Para el caso de la Acidez se observó un aumento de dicho parámetro al suministrar las dife-

rentes dosis. La dosis de 0,15 g/l aumento de manera menos significativa la acidez de la muestra (10,20 mg CaCO₃/l), las dosis de 0,10 g/l y 0,25 g/l aumentaron de 6,08 mg CaCO₃/l inicial a 11,64 mg CaCO₃/l y 11,10 mg CaCO₃/l respectivamente. Datos similares se obtuvieron al momento de medir la alcalinidad, en este parámetro aumentaron los valores al momento de tratar las muestra con las tres diferentes dosis, la dosis de 0,10 g/l aumento la alcalinidad inicial de 37,48 mg CaCO₃/l a 65,34 mg CaCO₃/l; la dosis de 0,15 g/l aumento la alcalinidad a 64,88 mg CaCO₃/l y la dosis de 0,25 a 65,34 mg CaCO₃/l.

En la medición de la turbidez se observó un cambio favorable al suministrar el coagulante en sus tres dosis diferentes, sin embargo,

la alícuota en la que se evidenció una eficiencia mayor, al disminuir la turbidez de 12,6 NTU a 5,1 NTU, fue aquella tratada con una dosis de 0,25 g/l. En las dosis restantes 0,10 g/l y 0,15 g/l se logró una disminución de la turbidez inicial a 7,2 NTU y 6,3 NTU respectivamente, como se ilustra en el gráfico 2: variación de la turbidez.

Respecto a la eficiencia de remoción de carga contaminante más específicamente partículas en suspensión la dosis de 0,25 g/l evidenció el mayor porcentaje de remoción de turbidez de la alícuota, esta derivó en alteraciones de los parámetros físico-químicos de la misma, por otro lado la dosis de 0,10 g/l no evidencia un resultado favorable para el objetivo del tratamiento, es así que se determina que la dosis óptima es la de 0,15 g/l dado que presenta un porcentaje de eficiencia en la remoción de partículas coloidales suspendidas del 50% y esta no genera afectaciones sobresalientes en los parámetros de la alícuota. Como se aprecia en la tabla 2: Porcentaje de eficiencia por dosis suministrada.

Por último, se demostró que la dosis de 0,10 g/l lograba mantener la cantidad de iones de Cl^- en la muestra, las dosis de 0,15 g/l y 0,25 g/l aumentaban la cantidad de cloruros de la muestra analizada, pasando de 25,95 ppm Cl^- a 31,98 ppm Cl^- y 43,75 ppm Cl^- respectivamente.

Como resultado del análisis de los parámetros físico-químicos, se logró identificar como dosis óptima para el tratamiento de aguas contaminadas con una turbidez de 12,6 NTU, una cantidad de 0,15 g/l de bio-coagulante, puesto que dicha dosis obtuvo resultados que están dentro del rango de límites máximos permisibles de la Resolución 1207 de 2014 en cuatro de los siete parámetros analizados, los cuales fueron: conductividad eléctrica, sólidos totales suspendidos, acidez y alcalinidad, paralelamente dicha dosis presentó una eficiencia de remoción de partículas coloidales del 50%.

DISCUSIÓN

Tras la obtención y análisis de los resultados, se demuestra que el tratamiento con el

extracto salino de la proteína catiónica dimérica MOC-SC-PC de la semilla de *Moringa oleifera* en aguas residuales domésticas con turbidez de 12,6 NTU, es viable con una dosis de 0,15 g de biocoagulante por litro de agua contaminada a tratar, esta presentó una eficiencia de remoción del 50% de partículas coloidales.

Tras las pruebas de laboratorio se pudo demostrar que la proteína dimerica MOC- SC-PC logra desestabilizar las partículas contaminantes. Tras una revisión bibliografía se puede observar que autores como (Tumbaco y Acebo, 2018), atribuyen tal efecto a la carga positiva de la proteína, puesto que, logra atraer las partículas con carga negativa formando flóculos en forma de red que permiten visualizar la disminución de turbidez en el vertimiento, como se confirmó en las pruebas de laboratorio.

Al contrastar los resultados obtenidos con la Resolución 1207 de 2014, por la cual se adoptan disposiciones relacionadas con el uso de aguas residuales tratadas. Se evidencia que la muestra de agua tratada con el biocoagulante cumple con los límites permisibles en los pará-

metros de pH, turbidez, cloruros y alcalinidad; esto permitiría el uso del agua tratada para riego agrícola, según lo establecido en dicha norma. Lo que demuestra que el uso del biocoagulante genera una eficiencia técnica en el tratamiento de aguas residuales, cumpliendo con los estándares de calidad establecidos en la legislación colombiana, de esta manera el uso del biocoagulante obtenido del extracto salino de la proteína catiónica dimérica MOC-SC-PC de la semilla de *Moringa oleifera* representa una solución alterna en el tratamiento de agua residual doméstica y su posterior uso en actividades secundarias como riego y lavado de áreas externas.

CONCLUSIONES

La dosis efectiva que se debe adicionar para muestras de agua con turbidez promedio de 12,6 NTU según los parámetros analizados es de 0,15 g/l de biocoagulante de extracto salino de la proteína catiónica dimérica MOC-SC-PC de la semilla de *Moringa oleifera*.

En conclusión, se logró comprobar que el extracto salino de la proteína catiónica dimérica MOC-SC-PC de la semilla de *Moringa oleifera* tiene una acción coagulante que permite la remoción de partículas disueltas específicamente para aguas residuales domésticas, neutralizando la carga negativa de tales contaminantes, resultando en un proceso de floculación que permite el tratamiento de aguas residuales domésticas de manera eficiente.

Los resultados de laboratorios lograron demostrar que tras la sobresaturación de las aguas residuales domésticas con el biocoagulante el mecanismo de floculación genera efectos contrarios a los esperados, alterando la cantidad de TDS y EC. Esto debido a la composición del biocoagulante con solución salina que altera los resultados de dichos parámetros.

Se recomienda realizar futuros análisis microbiológicos con el objetivo de estipular si el biocoagulante influye en los niveles de microorganismos presentes en el agua residual susceptible de tratamiento con esta tecnología.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Distrital Francisco José de Caldas por brindar sus instalaciones para el desarrollo de los laboratorios, a los docentes Carlos Díaz Rodríguez y Miguel Ángel Piragauta por su asesoría y acompañamiento en esta investigación, a la auxiliar de laboratorio Aurora Rincón Gil por su diligencia y amabilidad en la asesoría de los laboratorios de calidad de aguas y al Semillero de Investigación Ambiente Ético y Estratégico por motivar en nosotras el espíritu investigador.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Resolución 1207 de 2014. (25 de julio de 2014). Bogotá: Diario oficial de Colombia.

Cárdenas León, J. A. (2005). *Calidad de aguas para estudiantes de ciencias ambientales. Notas de clase (Primera Edición)*. Bogotá: Fondo de publicaciones Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE. (2013). *Boletín DANE*. Municipio La Vega, Cundinamarca.

- El Tiempo. (21 de marzo de 2017). *Medio Ambiente*. Obtenido de El tiempo: <https://www.eltiempo.com/vida/medio-ambiente/municipio-de-colombia-no-hacen-tratamiento-de-aguas-residuales-70042>
- Guerra Rodríguez, J. (2015). *Manual de prácticas de calidad del agua*. Bogotá.
- Guzmán, M. (2007). *La contaminación de suelos y aguas. Su prevención con nuevas sustancias naturales*. Universidad de Sevilla: Sevilla.
- Mera, C. F., Gutiérrez, M. L., Montes, C., & Paz, J. P. (2016). EFECTO DE LA Moringa oleífera EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL CAUCA, COLOMBIA. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 100-109.
- Olguín, R. A. (2004). *Fitorremediaci*ón: *Fundamentos y aplicaciones*. Conacyt.
- Sánchez, Y., Martínez, G., Sinagawa, S., & Vázquez, J. (2013). Moringa oleífera; Importancia, Funcionalidad y Estudios Involucrados. *Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila.*, 25-30.
- Sutherland, J., & Folkard, G. (2001). Moringa oleifera as a natural coagulant. *Chemical Engineering World*, 297-299.
- Tumbaco, D. M., & Acebo, K. M. (Marzo de 2018). *repositorio.ug.edu.ec*. Obtenido de EFICIENCIA DE BIOCOAGULANTE A BASE DE SEMILLA DE MORINGA OLEÍFERA PARA: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/27909/1/MORINGA.pdf>