

Evaluación de la Moringa Oleífera como tratamiento primario para las aguas residuales del ITSMT

Miguel Ángel López-Ramírez¹, Mario Rafael Aguilar-Rodríguez¹, Gerardo González-Gómez¹, Guadalupe Rodríguez-Martínez², Fernando Alberto Hernández-Guevara³, José de Jesús Treviño-Reséndez³, Castellanos Onorio Olaya Pirene⁴, Mario Díaz González⁴

¹ Tecnológico Nacional de México/Instituto Superior de Martínez de la Torre

² Tecnológico Nacional de México/Instituto Superior de Misantla

³ Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica (CIDETEQU)

⁴ Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Veracruz

Resumen

Actualmente los problemas ambientales son cada vez más graves, siendo la contaminación de los cuerpos de agua superficiales uno de los problemas a resolver del siglo XXI. Esta contaminación se debe a que la disposición final de las aguas residuales se haga de manera directa y sin tratamiento. Esta investigación tuvo como objetivo evaluar la eficiencia de remoción en el parámetro de turbidez en las aguas residuales producidas en el ITS de Martínez de la Torre tomando como referencia el coagulante químico sulfato de aluminio y como coagulante alternativo la semilla de *Moringa Oleifera*. Los resultados obtenidos demuestran que al verter la misma cantidad de coagulante no hay diferencia estadística significativa, sin embargo, el sulfato de aluminio obtuvo el mejor rendimiento de 97% y el coagulante natural un 84% con respecto a la remoción de turbidez.

Abstract

Currently, environmental problems are becoming more serious, with the contamination of surface water bodies being one of the problems to be solved in the 21st century. This contamination is due to the fact that the final disposal of the wastewater is done directly and without treatment. The objective of this research was to evaluate the removal efficiency in the turbidity parameter in the wastewater produced in the ITS of Martínez de la Torre, taking the chemical coagulant aluminum sulfate as a reference and the *Moringa Oleifera* seed as an alternate coagulant. The results obtained show that when pouring the same amount of coagulant there is no significant statistical difference, however, the aluminum sulfate obtained the best performance of 97% and the natural coagulant 84% with respect to the removal of turbidity.

Palabras clave: Coagulante alternativo, turbidez, *Moringa Oleifera*

Keywords: Alternating coagulant, turbidity, *Moringa Oleifera*

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, los conflictos ambientales se han convertido en temas de alto impacto en las agendas gubernamentales internacionales, tal es el caso de la agenda 2030 de la Organización de las Naciones Unidas, ya que colocó dentro de sus puntos el recurso hídrico como un principal factor para el desarrollo de las ciudades y garantizar la salud de la población, además de que instituciones educativas y centros de investigación han desarrollado métodos o sistemas de tratamiento, así mismo, los medios de comunicación, organizaciones, empresas y espacios de acción ciudadana. La preocupación por el tema ambiental es impulsada principalmente por el reconocimiento de que los problemas ambientales son consecuencia de nuestro estilo de desarrollo, es decir, se trata de un fenómeno sociocultural.

En ese contexto, las organizaciones de todo tipo cada día están más empeñadas en alcanzar y demostrar un sólido desempeño ambiental mediante el control de los impactos de sus actividades, productos y servicios. También lo hacen en el marco de crecientes posibilidades de vinculación comercial y de una legislación ambiental más estricta, Ello explica en los últimos años los procesos de tratamiento de aguas residuales han tomado mayor importancia en nuestro país.

Los procesos de coagulación y floculación para la clarificación del agua en términos de color y turbidez, requieren de cierta infraestructura e inversión, que para los países en vías de desarrollo con medios económicos limitados es imposible adquirirlos, por esto es necesario identificar y evaluar alternativas de coagulantes más efectivas, con la finalidad de sustituir o complementar el tratamiento de aguas convencional.

Derivado de lo anterior, la presente investigación tiene como objetivo evaluar el proceso de coagulación alternativos a partir de la semilla de Moringa Oleífera como tratamiento primario para las aguas residuales producidas en el Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre.

Contaminantes en el agua

El agua absolutamente pura no existe en la naturaleza. El agua de lluvia, por ejemplo, al estar en contacto con el aire, absorbe del mismo oxígeno, nitrógeno, gotas de aceite, partículas de humo, etc. Posteriormente, al entrar en contacto con el suelo, el agua superficial disuelve o dispersa otras sustancias, lo mismo sucede con el agua que se infiltra hacia los mantos acuíferos. A lo anterior, se debe agregar la contaminación del agua por parte de la introducción de impurezas generadas por las actividades del ser humano y las industrias, lo que produce una calidad de agua lejana a lo que sería agua absolutamente pura (van Bremen, 2001).

A pesar del notorio desarrollo de la industria pesquera, la salud de los ecosistemas mundiales ha sido afectada debido a la descarga de desechos salinos. Por ejemplo, el 5% de la descarga global de efluentes tóxicos contiene un porcentaje de salinidad entre 3.5 y 35%, lo cual genera un alto impacto ambiental (Le Borgne et al., 2008). Efluentes de esta industria deben sus altos niveles de materia orgánica, nutrientes, aceites y grasas a los procesos de desangrado, eviscerado y cocción. En general, industrias de enlatados de productos del mar descargan aguas residuales con una demanda bioquímica de oxígeno (DBO) entre 100 a 3000 ppm, demanda química de oxígeno (DQO) entre 1000 a 18000 ppm y contenidos de grasas-aceites hasta 4000 ppm (Chowdhury et al., 2010). La relación DBO/DQO llega hasta 0.4 lo cual indica que solamente un 40% de la materia orgánica puede ser biodegradada. En estos efluentes, una salinidad mayor que 3.5% afecta la adaptación de bacterias, hongos, levaduras y protozoos en reactores biológicos debido al choque osmótico que provoca ruptura celular. Sin embargo, esta adversidad no representa problema para el uso de coagulantes naturales puesto que se ha demostrado experimentalmente en efluentes de industrias de la curtiembre que altos niveles de salinidad no afectan la calidad de remoción de material suspendido, sino que en efecto provocan desestabilización coloidal (Paredes y Banchón, 2015).

Generalmente las plantas de tratamiento de aguas convencionales utilizan como coagulantes las sales de aluminio o de hierro para desestabilizar partículas coloidales, pero desde los años 70 en adelante se propuso la utilización de coagulantes naturales de cada región, con el propósito de reducir el consumo de reactivos químicos, sin embargo, los coagulantes sintéticos o químicos se emplean en la estabilización de partículas coloidales, así mismo son empleadas para la eliminación de metales pesados (Mohd-salleh et al., 2019). Entre los coagulantes químicos mayormente empleados se encuentra el sulfato de aluminio el cual brinda iones de aluminio trivalentes, de igual manera el alumbre es uno de los coagulantes más empleados. En cuanto a las

aguas residuales los coagulantes son las sales inorgánicas de aluminio, estas especies catiónicas absorben las partículas con cargas negativas para posteriormente neutralizarlas (Malik, 2018). Cabe mencionar que en diversos estudios consideran que los polímeros sintéticos generan efectos negativos en la salud (Muthuram y Sasikala, 2014).

Existen cuatro mecanismos de coagulación, estos son conocidos como puente de polímero, neutralización de carga, compresión de doble capa y coagulación de barrido. De ellos, el puente de polímero y la neutralización de carga son los mecanismos para el empleo de coagulantes naturales (Oladoja, 2015).

Los coagulantes naturales a base de plantas son una opción amigable con el medio ambiente ya que logran satisfacer los requisitos de las tecnologías ecológicas. Actualmente, estudios emplearon extractos naturales como coagulantes para el tratamiento de aguas, a fin de determinar su eficiencia (Oladoja, 2015).

El tratamiento de aguas mediante la coagulación remueve los coloides que se mantienen suspendidas en el agua, bacterias y agentes tóxicos que generan un efecto negativo en los seres vivos, cabe mencionar que la eficacia del coagulante en la eliminación de la turbidez va a depender la dosis del coagulante y el pH del medio acuoso (Amar et al., 2020).

Estos coagulantes naturales actúan igual que los coagulantes sintéticos ya que produce la aglomeración de los coloides en suspensión presentes en el agua, de esta manera se consigue reducir la turbidez, mitigando la presencia de microorganismos patógenos que pueden producir efectos adversos a la salud (Rojas-Cavero, 2021).

2. METODOLOGÍA

Ubicación

La experimentación se realizará en el Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre (Figura 1) se encuentra ubicado en las coordenadas 20.0542, -97.0300, en el municipio de Martínez de la Torre, ubicado entre aproximadamente a 730 metros de la carretera a Banderilla y 230 metros del río Filobobos, exactamente en el laboratorio de Ciencias Básicas.



Figura 1. Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre.

Experimentación

Se realizó la prueba de jarras por triplicado con el equipo marca Griffin probando distintas proporciones (30%, 60% y 90% m/v) de los coagulantes *Moringa Oleífera* en un tiempo de 15 minutos, distribuidos en 5 minutos a una velocidad de 120 rpm y el resto a 60 rpm, para el crecimiento de flóculos en muestras a 1 L como se observa en la figura 2.



Figura 2. Prueba de jarras para la coagulación-floculación

Después de los resultados obtenidos se procedió a realizar la medición de parámetros como pH, conductividad con un multiparámetro marca Conductronic y medición de turbidez con el equipo Hatch 2100AN, además de analizar sólidos disueltos totales y sólidos sedimentables.

Obtención del coagulante natural.

Se obtuvieron las semillas de *Moringa Oleífera* las cuales fueron secadas mediante un horno de secado de convección forzada marca OVEN durante 48 horas a peso constante, se retiró la cáscara y posteriormente se trituró de manera manual usando un mortero de porcelana y tamizado a 1 mm.

Para la determinación de los análisis estadísticos se realizaron pruebas de medias con un 95% grado de confianza mediante el método de Tukey.

3. RESULTADOS

Con respecto a los muestreos realizados durante los meses de agosto – octubre 2022 y las pruebas realizadas, los resultados de la caracterización de las aguas residuales se obtuvo lo siguiente:

pH (Unidades de pH): Promedio 7.04, Valor Alto 8.1, Valor Bajo 7.0, Desviación Estándar: 1.90

Conductividad (mS cm^{-1}): Promedio 1701.73, Valor Alto 2012, Valor Bajo 1491, Desviación Estándar: 221.10

Turbidez (NTU): Promedio 135.38, Valor Alto 244, Valor Bajo 35.4, Desviación Estándar: 90.03

Sólidos Disueltos Totales [S.D.T.] (ppm): Promedio 820.80, Valor Alto 956, Valor Bajo 705, Desviación Estándar: 79.13

Sólidos Sedimentables [S.S.] (mL L⁻¹): Promedio 0.62, Valor Alto 1.0, Valor Bajo 0, Desviación Estándar: 0.38

Una vez caracterizadas las aguas residuales, se procede a la prueba de jarras para realizar los tratamientos de coagulación-floculación con la *Moringa Oleífera* y el sulfato de aluminio a distintas proporciones (30%, 60% y 90% m/v), de los cuales se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 1. Remoción de Turbidez a partir de coagulantes naturales

Tratamiento	Concentración (mg L ⁻¹)	pH antes	pH después	Conductividad antes (mS cm ⁻¹)	Conductividad después (mS cm ⁻¹)	Remoción Turbidez (%)	Remoción de S.D.T. (%)
Moringa Oleífera	300	7	7.3	1819	1793	-27.36	0.46
	300	7.1	7.2	1793	1806	-13.59	-1.67
	300	7.2	7.3	1810	1800	-7.63	1.88
	600	7.9	7.9	1959	1912	44.36	5.65
	600	8.1	8	1965	1978	51.09	3.76
	600	8	7.9	2012	1944	50.38	4.46
	900	7.3	7.3	1629	1561	81.11	2.77
	900	7.4	7.4	1644	1578	84.33	9.27
	900	7.4	7.4	1636	1575	82.52	4.01
Sulfato de Aluminio	300	7.3	7.2	1793	2010	7.41	-7.64
	300	7.2	6.8	1806	1993	27.12	-7.96
	300	7.3	6.9	1800	1972	-31.23	-9.36
	600	7.3	7.3	2008	2708	22.15	-8.59
	600	7.1	7.2	1995	2089	34.68	-6.95
	600	7.3	7.2	1985	2070	10.12	-5.62
	900	7.4	6	1651	1834	98.42	-11.76
	900	7.3	5.9	1597	1823	98.77	-11.51
	900	7.4	5.9	1621	1863	98.55	-12.20

Una vez realizada la experimentación se procede a analizar si los datos recabados con respecto a la diferencia de turbidez como valor respuesta (Figura 3).

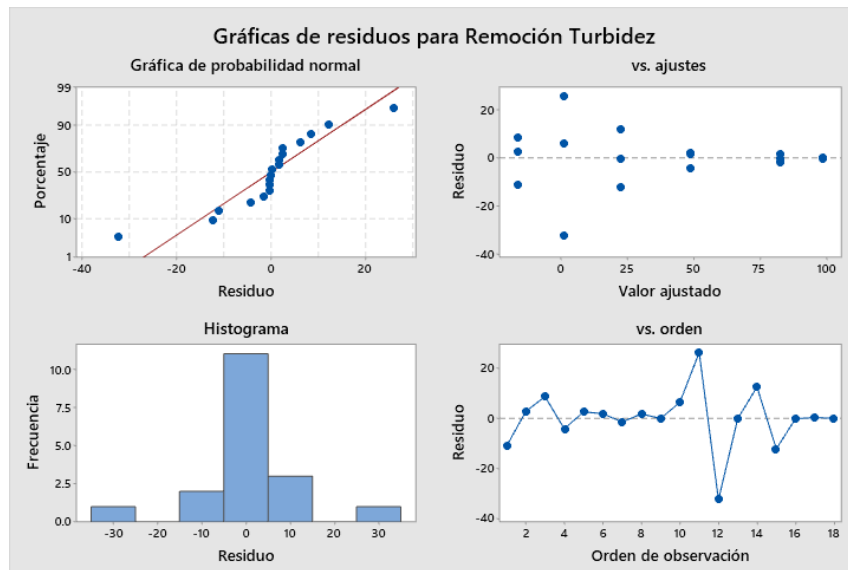


Figura 3. Gráfica de Residuos de Eficiencia de *Moringa Oleífera* vs Sulfato de Aluminio. Una vez analizado los residuos y al observar que se cumplen con las condiciones para realizar la prueba Estadística de Tukey al 95% (Figura 4).

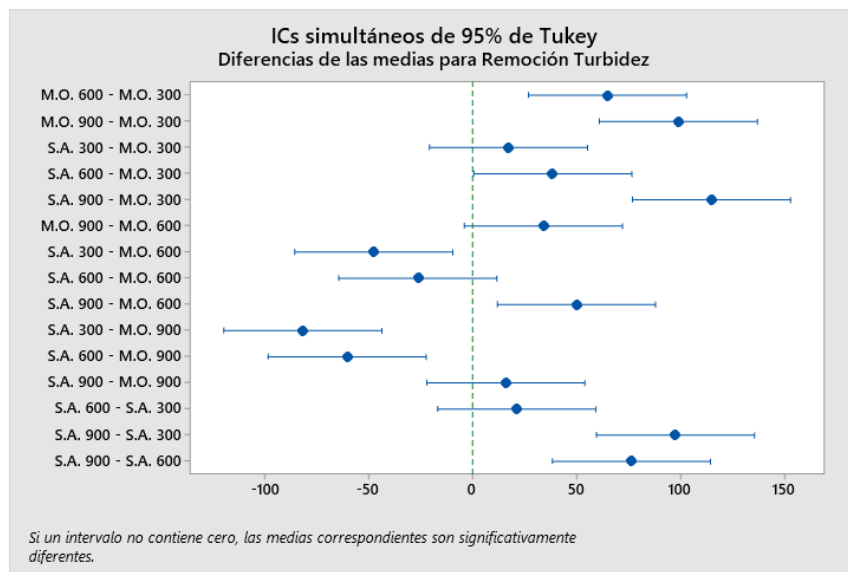


Figura 4. Prueba de medias por Tukey en remoción de turbidez

4. CONCLUSIONES

El parámetro de la turbidez con la *Moringa Oleífera* obtuvo la misma eficiencia de manera estadística de acuerdo a la remoción de manera estadística de acorde a la concentración m/v, ya que, se observa en las pruebas de Tukey que si comparamos las mismas concentraciones de 300, 600 y 900 ppm.

Las dosis óptimas del coagulante natural son 900 ppm de *Moringa Oleífera* con un resultado de remoción del 82.65% valor estadísticamente similar al obtenido con 900 ppm de Sulfato de Aluminio el cual alcanzó un valor promedio de 98.5%.

A pesar de que el Sulfato de Aluminio demostró ser un poco más eficiente se observa que cambia el pH del agua en 1 unidad, mientras que el uso del *Moringa Oleífera* como coagulante no perturba este parámetro, sin embargo, resulta ser un poco menos eficaz.

En general el uso de coagulantes naturales permite una remoción tanto de turbiedad como de color en el agua residual a tratar.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Tecnológico Nacional de México por el financiamiento del proyecto con clave 13554.22-PD y al ITS de Martínez de la Torre por el apoyo recibido.

REFERENCIAS

- [1] Amar, N., Mishra, A. y Prakash, P. (2020). A review of natural polymeric coagulants in wastewater treatment. *Materialstoday: proceedings*, 46, 6113-6117.
- [2] Chowdhury, P., Viraraghavan, T., y Srinivasan, A. (2010). Biological treatment processes for fish processing wastewater – A review. *Bioresource Technology*, 101, 439-449
- [3] Gutierrez Puebla, J. (1998). Transporte, movilidad y turismo en los centros históricos. *Eria*, 241-248
- [4] Le Borgne, S., Paniagua, D., y Vazquez-Duhalt, R. (2008). Biodegradation of organic pollutants by halophilic bacteria and archaea. *J Mol Microbiol Biotechnol*, 15(2-3), 74-92
- [5] Mohd-salleh, S., Mohd-zin, N., Othman, N. (2019). A Review of Wastewater Treatment using Natural Material and Its Potential as Aid and Composite Coagulant. *Sains Malaysiana*, 48(1), p. 155-164. <http://dx.doi.org/10.17576/jism-2019-4801-18>
- [6] Muthuraman, G. y Sasikala, S. (2014). Removal of turbidity from drinking water using natural coagulants. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 20, 1727-1731.
- [7] Oladoja, Nurudeen. (2015). Headway on natural polymeric coagulants in water and wastewater treatment operations. *Journal of Water Process Engineering*, 6, 174-192. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2015.04.004>
- [8] Rojas-Cavero, Y. (2021). Análisis bibliométrico sobre el uso de coagulantes naturales en el tratamiento de aguas para el consumo humano. [Tesis para la obtención a nivel Licenciatura], Universidad César Vallejo, Lima, Perú.
- [9] Paredes, L., & Banchón, C. (2015). Tannery liming drum wastewater treatment by natural coagulants from *C. spinosa*, *P. granatum*, *Eucalyptus* spp. and *V. vinifera*. *International Journal of Current Research*, 7, 14843-14849
- [10] Van Breemen, A. N. (2001). *Water Treatment 1 Conventional and advance Treatment Methods*. International Institute for Infrastructural, Hydraulic and Environmental Engineering, Holanda.

Correo de autor: malopez@tecmartinez.edu.mx