

Recuperación de coagulante en lodo de PTAP y reúso para el tratamiento primario avanzado de aguas residuales

Cristian Danilo Vargas Vélez

Universidad Estatal Paulista Júlio de Mesquita Filho

Iván Andrés Sánchez Ortiz

Universidad de Nariño

Resumen

Durante décadas, los sistemas de tratamiento y potabilización de agua convencionales han utilizado soluciones coagulantes a base de aluminio para eliminar coloides, sólidos en suspensión y otras partículas presentes en el agua, proceso que genera una gran cantidad de un subproducto conocido como 'lodo de potabilización' (Lodo PTAP) que, generalmente, es vertido en los ríos y cuerpos de agua más cercanos sin ningún tratamiento previo; estos lodos son ricos en aluminio y otros compuestos que pueden generar problemáticas ambientales en las aguas superficiales y los ecosistemas cercanos; por tal motivo, se ha realizado investigaciones para promover el reúso de ese subproducto en diferentes áreas. En la presente investigación se aplicó dos metodologías para la recuperación del coagulante presente en los lodos de potabilización de la Planta de tratamiento Centenario de la ciudad de Pasto y se evaluó su reúso para tratamiento de aguas residuales domésticas, obteniendo remociones máximas de color hasta de un 58,3 % y 73,2 % de turbiedad.

Introducción

El aumento de la población mundial, la expansión de las áreas urbanas y el desarrollo industrial, generan una demanda creciente de agua a nivel mundial, lo que requiere sistemas eficientes para el tratamiento de agua (Zhao et al., 2018). Para aumentar la eficiencia en las plantas de tratamiento y potabilización de agua (PTAP), generalmente es necesario agregar productos químicos, principalmente coagulantes que remueven los sólidos en suspensión, coloides y otras partículas presentes en el agua en los procesos de coagulación y floculación; sin embargo, dichos procesos generan un producto inevitable denominado lodo de potabilización (lodo PTAP) que se acumula en los tanques de sedimentación. Se estima que las PTAP producen de 1-3 % de lodos con respecto al agua utilizada en el proceso de potabilización (Babatunde y Zhao, 2007), cantidades significativas de lodo producido que generan costos adicionales para su adecuada gestión y descarte; por ejemplo, en los Países Bajos gastan aproximadamente entre 37 y 50 millones de

dólares al año y en Australia 6,2 millones de dólares al año (Ackah et al., 2018; Kumar et al., 2020). Las características los lodos de PTAP dependerán de la calidad del agua cruda, de la eficiencia de las estructuras operativas que intervienen en el tratamiento y de la calidad final del agua producida; además, estos lodos contienen partículas de arena, arcilla, materia orgánica y microorganismos. Las características fisicoquímicas en general están compuestas principalmente por SiO_2 , seguido de Al_2O_3 y Fe_2O_3 , dependiendo de la solución coagulante utilizada (Zhao et al., 2021).

Los lodos de PTAP son vertidos generalmente de forma directa en aguas superficiales y terrenos adyacentes después de procesos de deshidratación, pero este tipo de eliminación, aunque menos costoso, no es una solución adecuada debido al potencial de contaminación del agua superficial. Tales descargas de lodo tienen impactos en los cuerpos de agua receptores, como aumento de concentraciones de metales (principalmente Fe y Al), sólidos en suspensión, turbiedad, cambios en el ciclo de

los nutrientes, desarrollo de condiciones anaeróbicas y cambios en la composición química, además de la posibilidad de contaminación de las aguas subterráneas (Ahmad et al., 2016; Wang et al., 2018).

Las problemáticas descritas han generado el interés de investigadores que han evaluado el reúso potencial de los lodos de PTAP en diferentes procesos; por ejemplo, la absorción de contaminantes como fósforo y pesticidas (Wang et al., 2018), la elaboración de materiales de construcción (Tony, 2022), el uso en la agricultura con fines de fertilización y, la recuperación de los coagulantes presentes en el lodo para su reúso en aguas crudas y residuales (Ruziqna et al., 2020; Ramadan et al., 2017). Esta investigación tuvo como objetivo, recuperar el coagulante presente en los lodos de potabilización de la PTAP Centenario a través de dos tratamientos y, evaluar su capacidad de remoción de color y turbidez en aguas residuales domésticas.

Materiales y métodos

Área de estudio

La PTAP Centenario es la mayor planta de potabilización de agua que posee la Empresa de Servicios Públicos EMPOPASTO S.A E.S.P. y, suministra el 83 % del agua potable de la ciudad de Pasto, Nariño. Cuenta con un caudal de operación entre los 300 - 650 L/s y su fuente principal de abastecimiento es la cuenca del río Pasto. En dicha planta se realiza un tratamiento convencional de potabilización, con procesos de coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección. En la PTAP se utiliza Policloruro de Aluminio (PAC) como solución coagulante y cloro como solución desinfectante.

Toma de muestra de lodos de potabilización

Para el muestreo se consideró los tiempos de lavado de los tanques de sedimentación para obtener la mayor cantidad de lodos posible. Las muestras fueron recolectadas en la cámara de inspección donde convergen los desagües de los sedimentadores; fueron almacenadas en recipientes de 20 L y, posteriormente, se midió los parámetros *in situ* de pH, conductividad, oxígeno disuelto y temperatura.

Tratamiento 1

Las muestras de lodo fueron colocadas en un lecho de secado a temperatura ambiente durante 24 horas como proceso de deshidratación primaria; luego se realizó

una deshidratación secundaria en una estufa a 200 °C por otras 24 horas. Una vez completados los procesos de deshidratación, las muestras fueron maceradas hasta obtener un polvo homogéneo, el cual se tamizó en una malla de 1x1 mm; posteriormente, se obtuvo 67.3 g del polvo que se disolvió en 600 mL de agua destilada; por último, se realizó un proceso de mezcla a 150 rpm durante una hora; el sobrenadante se utilizó como coagulante recuperado.

Tratamiento 2

Se llevó a cabo los procesos de deshidratación iguales a los descritos en el tratamiento anterior, pero en este caso, al lodo deshidratado se le realizó un proceso de triturado utilizando un molino y, posteriormente, se pasó por un tamiz No. 200, donde se obtuvo 60,2 g de polvo; por último, se replicó los procesos de adición de agua destilada, mezcla y remoción de sobrenadante, el cual se utilizó como coagulante recuperado.

Evaluación de coagulante recuperado

Se tomó muestras simples de agua residual doméstica del Colector Circular Juan XXII, que representa el vertimiento con más caudal del sistema de alcantarillado de EMPOPASTO S.A. E.S.P ubicado en el casco urbano de la ciudad de Pasto. Durante el muestreo se midió los parámetros *in situ* de pH, conductividad, oxígeno disuelto y temperatura; por último, en laboratorio de aguas y control de calidad de la empresa, se hizo las mediciones de color y turbiedad.

Para la evaluación del coagulante recuperado se utilizó la prueba de jarras en las aguas residuales colectadas, adicionando tres volúmenes diferentes: 10mL, 15mL y 20mL de los coagulantes recuperados y de lodos de potabilización sin tratamiento. Para las pruebas de jarras se manejó un ciclo operacional de mezcla rápida a 300 rpm durante diez segundos, seguido de mezcla a velocidad media de 150 rpm durante un minuto, finalizando con una mezcla lenta a 30 rpm durante diez minutos y sedimentación de 30 minutos. Posteriormente, se evaluó los parámetros de color y turbiedad, para calcular los valores de remoción de cada uno.

Resultados

La Tabla 1 presenta los resultados obtenidos en las mediciones de parámetros *in situ* en los lodos de PTAP Centenario.

Tabla 1*Parámetros in situ de lodos de PTAP Centenario*

pH (Unidades de pH)	Conductividad ($\mu\text{S/cm}$)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)
7,47	88,5	6,1	16,2

La Tabla 2 muestra los resultados obtenidos en las mediciones *in situ* realizadas al agua residual doméstica obtenida del Colector Circular Juan XXIII.

Tabla 2*Parámetros evaluados en agua residual doméstica.*

Parámetros	Valores	Unidades
Oxígeno disuelto	2,26	mg/L
Conductividad	843	$\mu\text{S/cm}$
Temperatura	18,8	$^{\circ}\text{C}$
pH	8,11	Unidades de pH
Color	1709	UPCo
Turbiedad	257	UNT

La Tabla 3 presenta los resultados de remoción de color en agua residual aplicando los tres volúmenes propuestos de los coagulantes recuperados: T1= Tratamiento 1, T2= Tratamiento 2 y LST= lodos sin tratamiento. Estos resultados evidencian la capacidad de remoción de color de los coagulantes recuperados, obteniendo los valores de remoción más altos: 58,3 % con el T1, seguido del T2 con remoción del 51,0 %; ambos resultados, cuando se utilizó la dosis de 15 mL; por último, LST obtuvo remociones muy bajas entre los 13,8 – 15,2 en todas las dosis.

Tabla 3*Remoción de color en agua residual*

Remoción de color en agua residual (%)			
Tratamiento	LST	T1	T2
10 mL	13,8	56,6	38,1
15 mL	15	58,3	51
20 mL	15,2	56,1	46,9

La Tabla 4 presenta los resultados de remoción de turbiedad en agua residual aplicando los tres volúmenes propuestos de los coagulantes recuperados: T1= Tratamiento 1, T2= Tratamiento 2 y LST= lodos sin tratamiento. Estos resultados evidencian la capacidad de remoción de turbiedad de los coagulantes recuperados, principalmente el T1, que presentó valores máximos de remoción de 73,2 % con la dosis de 15 mL; sin embargo, las dosis de 10 mL y 20 mL evidenciaron resultados similares de 70,0 % y 71,0 % respectivamente. El T2 tuvo una remoción ascendente de la turbiedad a medida que se aumentaba el volumen de coagulante adicionado, con valores de 14,0 para 10 mL, 20,6 con 15 mL y 45,1 como valor máximo adicionando 20 mL. El LST registró los valores más bajos de remoción, los cuales presentaron un comportamiento muy homogéneo para los volúmenes utilizados: 10 mL, 15 mL y 20 mL, con valores de 9,6, 9,3 y 9,9 respectivamente.

Tabla 4*Remoción de turbiedad en agua residual*

Remoción de turbiedad en agua residual (%)			
Tratamiento	LST	T1	T2
10 mL	9,6	70,0	14,0
15 mL	9,3	73,2	20,6
20 mL	9,9	71	45,1

Conclusiones

Los coagulantes recuperados de lodos de potabilización de la PTAP Centenario, con los tratamientos implementados presentaron resultados positivos en la remoción de color y turbiedad en aguas residuales domésticas; dichos resultados resultan promisorios para el uso del coagulante recuperado como tratamiento primario avanzado en este tipo de agua. El reúso de los lodos de potabilización puede ser una alternativa para la correcta gestión de este subproducto; además, puede reducir significativamente el uso de coagulante puro, disminuyendo así los costos de operación en PTAR. Se recomienda, en investigaciones futuras, la aplicación de metodologías más selectivas para la recuperación de coagulantes como la acidificación.

Referencias

Ackah, L. A., Guru, R., Peiravi, M., Mohanty, M., Ma, X., Kumar, S., & Liu, J. (2018). Characterization of southern Illinois water treatment residues for sustainable applications. *Sustainability*, 10(5), 1374. <https://doi.org/10.3390/su10051374>

Ahmad, T., Ahmad, K., & Alam, M. (2016). Characterization of water treatment plant's sludge and its safe disposal options. *Procedia Environmental Sciences*, 35, 950-955. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.07.088>

Babatunde, A. O. & Zhao, Y. Q. (2007). Constructive approaches toward water treatment works sludge management: an international review of beneficial reuses. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 37(2), 129-164. <https://doi.org/10.1080/10643380600776239>

Kumar, R., Kang, C. U., Mohan, D., Khan, M. A., Lee, J. H., Lee, S. S., & Jeon, B. H. (2020). Waste sludge derived adsorbents for arsenate removal from water. *Chemosphere*, 239, 124832. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.124832>

Ramadan, H., Afifi, H., & Elsayed, A. (2017). Post treatment of wastewater using recovered alum from water treatment sludge. https://www.researchgate.net/publication/318959805_POST_TREATMENT_OF_WASTEWATER_USING_RECOVERED_ALUM_FROM_WATER_TREATMENT_SLUDGE

Ruziqna, D. P., Suwartha, N., Moersidik, S. S., & Adityosulindro, S. (2020). Aluminum recovery from water treatment sludge as coagulant by acidification. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 448(1), 012045. IOP Publishing. <https://doi:10.1088/1755-1315/448/1/012045>

Tony, M. A. (2022). Valorization of undervalued aluminum-based waterworks sludge waste for the science of 'The 5 Rs' criteria'. *Applied Water Science*, 12(2), 20. <https://doi.org/10.1007/s13201-021-01554-7>

Wang, Y., Ren, B., Zhao, Y., English, A., & Cannon, M. (2018). A comparison of alum sludge with peat for aqueous glyphosate removal for maximizing their value for practical use. *Water Science and Technology*, 2017(2), 450-456. <https://doi.org/10.2166/wst.2018.165>

Zhao, Y., Liu, R., Awe, O. W., Yang, Y., & Shen, C. (2018). Acceptability of land application of alum-based water treatment residuals –an explicit and comprehensive review. *Chemical Engineering Journal*, 353, 717-726. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2018.07.143>

Zhao, Y., Nzihou, A., Ren, B., Lyczko, N., Shen, C., Kang, C., & Ji, B. (2021). Waterworks sludge: an underrated material for beneficial reuse in water and environmental engineering. *Waste and Biomass Valorization*, 12, 4239-4251. <https://doi.org/10.1007/s12649-020-01232-w>