

Comparación de métodos con mayor remoción de Azul BRL de aguas residuales en estimando parámetros como la temperatura y pH

Comparison of methods with greater removal of Blue BRL from wastewater in estimating parameters such as temperature and pH

Luis Caza¹

RESUMEN

Contexto: La gran cantidad de colorantes utilizados por las industrias textiles, especialmente el azul BRL, ha generado una problemática ambiental debido a su difícil degradación y carga no biodegradable, lo que requiere la implementación de técnicas avanzadas de remoción más allá de los tratamientos convencionales. **Metodología:** Se compararon tres métodos para el tratamiento de efluentes textiles que contienen el colorante azul BRL: un reactor anaerobio de flujo ascendente, nanopartículas de plata y fotocatalisis heterogénea con dióxido de titanio (TiO₂). **Resultados:** Entre los tres métodos evaluados, la fotocatalisis heterogénea con TiO₂ demostró ser la más eficiente, alcanzando una remoción del 98 % del colorante. **Conclusión:** Este estudio proporciona una comparación de diferentes técnicas avanzadas de remoción para efluentes que contienen azul BRL, destacando la fotocatalisis heterogénea con TiO₂ como la opción más efectiva para enfrentar esta problemática ambiental.

Palabras clave: Aguas residuales, Azul BRL, colorantes azoicos, procesos de oxidación avanzada, TiO₂

ABSTRACT

Context: The extensive use of dyes in the textile industry, particularly non-biodegradable azo dyes such as BRL blue, has generated significant environmental problems due to their difficult degradation, requiring advanced removal techniques beyond conventional treatments. **Methodology:** This study compared the efficiency of three methods for treating textile effluents containing BRL blue: an up-flow anaerobic reactor, silver nanoparticles, and heterogeneous photocatalysis with titanium dioxide (TiO₂). **Results:** Among the three methods, heterogeneous photocatalysis with TiO₂ proved to be the most efficient, achieving a 98% removal of BRL blue dye. **Conclusion:** This study highlights the effectiveness of advanced oxidation processes, particularly heterogeneous photocatalysis with TiO₂, in addressing the environmental challenges posed by non-biodegradable azo dyes in textile industry effluents, offering a promising solution for their removal.

Keywords: Wastewater, BRL blue, azo dyes, advanced oxidation processes, TiO₂

Fecha de recepción: Agosto 16, 2021

Fecha de aceptación: Septiembre 20, 2022

Introducción

Una gran variedad de productos orgánicos comerciales, como herbicidas, pesticidas, colorantes, medicamentos, entre otros, son contaminantes comunes del medio acuático. Esta contaminación se debe al uso generalizado de miles de toneladas de estos compuestos en actividades domésticas, industriales y agrícolas, especialmente en países desarrollados, generando grandes cantidades de aguas residuales contaminadas, cuya disposición directa a canales naturales provoca su acumulación en el medio ambiente (Brillas et al., 2005).

Los residuos desechados por la industria textil son difíciles de tratar por su alta carga no biodegradable, siendo los colorantes azoicos los productos más utilizados en esta rama, como el azul BRL, el cual es empleado en el proceso de tinturación de jeans debido a sus propiedades fisicoquímicas tales como la resistencia a la luz, al agua y al calor (Balladares, 2014).

Sin embargo, dichas propiedades que lo vuelven tan cotizado en la industria textil, le otorgan una degradación compleja en los cuerpos de agua, convirtiéndolo en

un contaminante emergente, es decir que requiere de tratamientos especiales para su eliminación.

Una de las tecnologías para degradar este tipo de colorante son las nanopartículas de plata, las mismas que son capaces de absorber diferentes sustancias, debido a sus propiedades físicas, químicas y a su alta capacidad catalítica (Real, 2015).

Además, se han realizado estudios de remoción del azul BRL mediante el uso de reactores anaerobios de flujo ascendente, sin embargo, una de las variables que controla el proceso es el tiempo que tarda en la remoción, para lo cual se trabaja con carbón activado para permitir una aceleración en el proceso (Zavala-Rivera et al., 2015).

Finalmente, la catálisis heterogénea permite la degradación de colorantes azoicos y otros contaminantes de los efluentes

¹Universidad Central del Ecuador. E-mail: lpcaza@uce.edu.ec



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International Licence.

Cómo citar: Caza, L. (2023). Comparación de métodos con mayor remoción de Azul BRL de aguas residuales en estimando parámetros como la temperatura y pH. *Ecuadorian Science Journal*, 7(1), 13–16, Marzo–2023. DOI: <https://doi.org/10.46480/esj.7.1.116>

textiles mediante la luz en presencia de un fotocatalizador, siendo uno de los métodos más empleados debido a su alta eficiencia (Gallegos, 2019).

Con base en la información obtenida el objetivo del presente estudio es comparar el porcentaje de remoción de los diferentes métodos detallados anteriormente y con ello establecer una metodología que permita mitigar el impacto que genera estos contaminantes en cuerpos receptores agua.

Metodología

Para el presente informe se ha estimado la comparación de tres métodos aplicados a la remoción del azul BRL en los efluentes de las industrias textiles, en los cuales se evalúa la remoción del colorante azoico para los diferentes métodos frente a los parámetros establecidos como la temperatura y el pH.

Remoción de Azul BRL mediante un reactor anaerobio de flujo ascendente

Materiales y equipos

- 15 L de lodos de aguas residuales
- Solución de colorante azul directo BRL
- Reactor de flujo ascendente del tipo UASB
- Carbón activado

Procedimiento

Se tomaron 6 litros de agua residual de los efluentes textiles con contenido de microorganismos anaeróbicos y se lo dejó reposar durante 2 días para favorecer el desarrollo del cultivo bacteriano. Posteriormente, al tercer día se añadió 500 mL de lodos anaerobios y finalmente al octavo día se añadió 50 g de levadura y 30 g de dextrosa, mientras tanto, en el reactor se alimentó durante 14 días 20 litros de una solución al 10% del cultivo bacteriano. Finalmente se alimentó continuamente durante 28 días con el colorante azoico azul BRL (Zavala-Rivera et al., 2015).

Reducción de Azul BRL mediante el uso de nanopartículas de plata

Materiales y reactivos

- Extracto de *Petroselinum crispum* (perejil)
- Solución de colorante azul directo BRL
- Nitrato de Plata (AgNO_3)
- Agua destilada
- Espectrofotómetro UV/VIS
- Centrifugadora
- Agitador magnético
- Balón de 100 mL
- Borohidruro de Sodio (NaBH_4)

Procedimiento

Se preparó la solución madre con 0.1 g del colorante azul BRL y se diluyó en 100 mL, a continuación se prepararon 6 muestras con concentraciones de 10, 20, 30, 40, 50 y 60 ppm. Posteriormente, se hizo un barrido espectral en el espectrofotómetro UV/VIS para la estimación de la curva de calibración.

Mientras tanto, el perejil se lavó con agua destilada y se secó durante 15 minutos, luego se tomó 10 g para tritararlo y a continuación se lo colocó en 200 mL de agua destilada. Dicha mezcla se calentó en un agitador magnético a 65 °C a 350 rpm durante 20 minutos. Después se filtró la mezcla y se obtuvo el extracto del perejil. A continuación, se preparó una solución de AgNO_3 de 0.1 M, de la cual se tomó 30 mL y se colocó en un balón de 100 mL, de la misma manera se dejó gotear 10 mL del extracto de perejil en el balón, esta mezcla consecutivamente se calentó en el agitador magnético durante 8 minutos a una temperatura de 65 °C a 400 rpm, se observó el cambio de color en el transcurso de 2 minutos.

Finalmente se añadió NaBH_4 de 0.1 M en 1 mL de muestra del colorante azul BRL y se agregó 8 mL de agua destilada agitándose durante 5 minutos, a continuación se adicionó 2 mL de la solución de nanopartículas de plata dejándola expuesta a la luz UV con una agitación por 5 minutos (Real, 2015).

Degradación del colorante azul BRL mediante fotocátalisis heterogénea con TiO_2

Materiales y reactivos

- Acelerador lineal de electrones
- Difractómetro
- Espectrofotómetro
- Agitador magnético
- Lámparas de mercurio
- Bolsas de polietileno de baja densidad
- Dióxido de titanio (TiO_2)
- Ácido sulfúrico (H_2SO_4)
- Colorante Azul BRL

Procedimiento

Se preparó la solución madre con azul BRL, a continuación se construyó la curva de calibración UV/VIS cuya longitud de onda de máxima absorbancia fue de 565 nm. Posteriormente se degradó el colorante azoico fotocatalíticamente con TiO_2 con irradiación y sin irradiación del catalizador con electrones acelerados a 5, 10 y 20 kg en el acelerador lineal de electrones a una potencia de 4.3 kW (Gallegos, 2019).

Resultados

Los resultados obtenidos de los tres métodos evaluados se presentan en la Tabla 1. Se observó que la eficiencia de remoción varió de acuerdo con la técnica aplicada, las

Tabla 1. Resultados de la remoción de azul BRL de diferentes métodos.

Método	Temperatura = 20 °C	Temperatura = 22 °C	Tiempo
	pH < 7	pH > 7	
Reactor anaerobio	44.76% ^a	87.14% ^a	28 días
Nanopartículas de plata	77.01% ^b	84.25% ^b	120 min
Fotocatálisis heterogénea	98.20% ^c	94.44% [*]	120 min

Nota. ^a (Zavala-Rivera et al., 2015). ^b (Real, 2015). ^c (Gallegos, 2019). * Este resultado fue tomado a una temperatura de 12 °C (Delgado and Santander, 2017).

Fuente: Autor.

condiciones de pH y temperatura, así como el tiempo de tratamiento.

En el caso del **reactor anaerobio de flujo ascendente**, se registraron porcentajes de remoción de 44.76% a pH ácido y 87.14% a pH básico, con un tiempo de retención hidráulico aproximado de 28 días. Esta diferencia sugiere que la actividad microbiana en el reactor presenta un mejor desempeño bajo condiciones ligeramente alcalinas, donde se favorecen los procesos reductivos que actúan sobre el enlace azo del colorante BRL, aunque la cinética es lenta.

Para el **tratamiento con nanopartículas de plata**, los porcentajes de remoción fueron de 77.01% a pH < 7 y de 84.25% a pH > 7, alcanzados en un tiempo de reacción de 120 minutos. La variación entre las condiciones ácidas y básicas fue menor en comparación con el reactor anaerobio, evidenciando que las nanopartículas tienen alta capacidad catalítica independiente de cambios moderados de pH. La eficiencia de remoción en tiempos cortos confirma que los procesos de reducción asistidos por nanopartículas son más rápidos que los procesos biológicos tradicionales.

Finalmente, la **fotocatálisis heterogénea con TiO₂** mostró los valores más altos de remoción, con 98.20% a pH < 7 y 94.44% a pH > 7 (a 12 °C). El tratamiento requirió un tiempo de 120 minutos, evidenciando un proceso más eficiente y rápido en comparación con las otras técnicas. A diferencia de los métodos anteriores, la eficiencia de este tratamiento no se vio afectada de forma significativa por variaciones en la temperatura, lo que sugiere que la etapa determinante es la interacción entre el colorante y el catalizador activado por radiación UV, más que la influencia térmica.

Discusión

De acuerdo a los resultados obtenidos en la Tabla 1, se observa que los tres métodos alcanzan considerables porcentajes de remoción, siendo el más eficiente la fotocatalisis heterogénea con TiO₂ con un porcentaje de degradación de 98% del azul BRL.

Al analizar los parámetros de temperatura y pH se observa que la temperatura no es un factor significativo para la remoción del colorante azoico en los dos primeros métodos empleados, sin embargo, al evaluar la temperatura en la fotocatalisis heterogénea con TiO₂ a una temperatura de 12 °C y un pH mayor a 7 se obtiene un porcentaje de degradación del 94%, en comparación con la fotocatalisis heterogénea a una temperatura de 20 °C y un pH menor a 7.

Al evaluar el tiempo de remoción en los tres métodos analizados se observó que el reactor anaerobio requiere un mayor tiempo, el cual se estima de aproximadamente 28 días a diferencia de los demás métodos, por tanto no sería factible para el tratamiento de efluentes líquidos de las empresas textiles ya que generan grandes cantidades de contaminantes a diario.

Conclusiones

Con base en los resultados, la aplicación de los tres métodos logra una remoción significativa del colorante azoico azul BRL, obteniéndose porcentajes de degradación del 87%, 84% y 98% para los tratamientos empleados con un reactor anaerobio, nanopartículas de plata y fotocatalisis heterogénea con TiO₂.

Al evaluar los parámetros de pH, temperatura y tiempo el método de fotocatalisis heterogénea con TiO₂ es el más eficiente ya que alcanza un porcentaje de remoción del 98% motivo por el cual se utiliza a nivel industrial en el tratamiento de aguas.

Referencias Bibliográficas

- Balladares, O. (2014). Tratamiento de efluentes de una industria textil del cantón pelileo, provincia tungurahua, contaminados con colorantes azoicos mediante un proceso electro-fenton. Master's thesis, Escuela Politécnica Nacional, Ecuador.
- Brillas, E., Arias, C., Cabot, P., Centellas, F., Garrido, A., and Rodríguez, M. (2005). Degradation of organic contaminants by advanced electrochemical oxidation methods. In *Portugaliae Electrochimica*, number 24.
- Delgado, D. and Santander, N. (2017). Remoción de coloración de tintes de teñido en aguas residuales de la industria textil, utilizando procesos de oxidación avanzada (poa). Master's thesis, Facultad De Ingeniería Química.
- Gallegos, E. (2019). Estudio de la degradación del colorante azul brl en aguas sintéticas mediante fotocatalisis heterogénea con tio2 irradiado con electrones acelerados. Master's thesis, Escuela Politécnica Nacional, Ecuador.
- Real, C. (2015). Reducción de la concentración del colorante industrial textil azul brl, aplicando nanopartículas de plata sintetizadas con extracto de petroselinum crispum. Master's thesis, Universidad César Vallejo, Perú.
- Zavala-Rivera, C., Dueñas Gonza, A. P., Huarachi Olivera, R. E., Yapari, U. A., Mendoza-Puertas, R., Lázaro-Puma,

R., and Bocardo-Delgado, E. (2015). Remoción anaerobia del colorante azul directo brl en reactor anaerobio de flujo ascendente uasb (upflow anaerobic sludge blanket) con carbón activado. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 17(2):55–64.