

## Evaluación de un sistema Electro-Fenton – electro-oxidación de un filtro de lecho empacado de carbón activado de cáscara de naranja para la degradación de azul brillante

Nancy F. Vázquez-Gómez e Irma Robles-Gutiérrez\*

Laboratorio J-102, Procesos Avanzados de Oxidación electroquímica, CIDETEQ Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, S.C. Parque Tecnológico Querétaro - Sanfandila CP 76703, Pedro Escobedo, Qro. (442) 211 6000.

\* Autor de correspondencia: irobles@cideteq.mx; Tel.: +52 4422116000 Ext. 6082

Contaminación de suelo, agua y aire.

**Palabras clave:** carbón activado de cáscara de naranja; colorante azul brillante; filtro electroquímico; proceso Electro-Fenton.

**Introducción.** Actualmente una de las grandes preocupaciones a nivel mundial es la contaminación del agua ya que debido a la gran industrialización en crecimiento este gran recurso natural se ha visto perjudicado. Ante tal situación se han empleado diversos métodos para el tratamiento de aguas tales como ósmosis inversa, coagulación-floculación, ozono, procesos anaerobios y filtración (Piña Mondragón, 2007). Específicamente hablando de filtros, se emplean diversos tipos de materiales de carbón activado, el inconveniente es que debe ser reemplazado por otro o bien darle un post tratamiento para su regeneración (Mendoza López, 2009; Natalia, 2013; Salinas Juárez, 2011). De acuerdo a un estudio previo se demostró que el método electroquímico, basado en la imposición de un potencial que promueve la polarización del material poroso, es capaz de degradar a los contaminantes adsorbidos por medio de un proceso de oxidación avanzada como lo es el Electro-Fenton (Bañuelos et al., 2013; Betri, 2011). Este estudio se enfocó en utilizar un filtro empacado con carbón activado de cáscara de naranja, y evaluar su factibilidad en la degradación de azul brillante,

**Materiales y Métodos.** Fue realizado carbón activado a partir de cáscara de naranja la cual fue obtenida de los mercados locales en Querétaro, México (Tovar et al., 2019). Posteriormente se realizó el carbón el cual fue activado con ácido fosfórico (0.6M) y carbonizado a 600 °C (Tovar Arce, 2017). Se usó un reactor de 32 mL, empacado con carbón activado de cáscara de naranja (Fig.1) para comparar el proceso de Electro-Fenton y Electro-Oxidación en modo continuo y lotes, para tratar un volumen de 300 mL de azul brillante [ 800 mg/L]. El proceso continuo consiste en recircular el contaminante y al mismo tiempo aplicar el potencial, se cambia el sentido del flujo y la polarización cada 30 min (Fernández et al., 2018). Mientras que el arreglo por Lotes, se aplica el potencial en modo estático, para posteriormente invertir el sentido del flujo y polos. Los experimentos de completaron a dos horas.

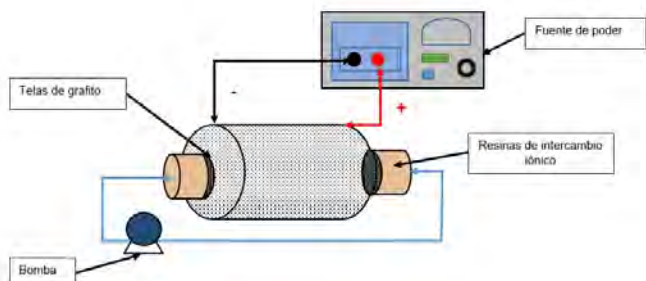
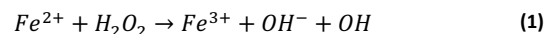


Figura 1. Representación de reactor implementado como filtro para el tratamiento de azul brillante. Basado en (Robles et al., 2020).

El reactor (Figura 1) fue empacado con carbón activado en la parte central mientras que a los lados fue empacado con resina la cual en un extremo estaba cargada con hierro (Proceso Electro-Fenton, ver Ecuación 1 (Torices, 2018)) o bien en ausencia de hierro (Proceso Electro-Oxidación), los electrodos consisten en tela de grafito.

El fluido se saturó previamente con  $O_2$ , para promover la producción de peróxido de hidrógeno (Fernández et al., 2018; Torices, 2018).



Se monitoreó la concentración de colorante remanente en la solución, y se siguió el pH y conductividad, con respecto al tiempo hasta completar tres horas.

### Resultados.

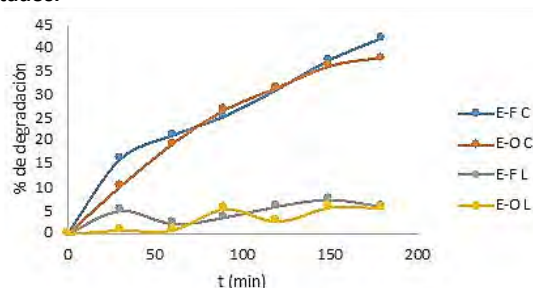


Figura 2. Comparativo del porcentaje de degradación durante el proceso de Electro-Fenton y Electro-oxidación en modo continuo (E-F y E-O C), y por lotes (E-F L y E-O L).

Se comparó el efecto Electro-Oxidación y Electro-Fenton en un filtro de lecho empacado de carbón activado de cáscara de naranja, escala laboratorio, para este fin se compararon dos arreglos experimentales, modo continuo y modo lotes. En la Figura 2 se puede observar un aumento paulatino con respecto al tiempo predominantemente en el modo continuo obteniendo para el proceso de Electro-Fenton 42.18 % de degradación, y para el proceso de Electro-Oxidación el 37.84 % de degradación. Al mismo tiempo se midió el pH, que para el modo continuo varió desde 7.3 a 3.3, y en el modo por lotes fue desde 8 hasta 6.5. Este cambio se asocia a las reacciones que ocurren en el sistema debido a que durante el proceso Electro-Fenton hay liberación de grupos ácidos de la superficie del carbón asociado también al comportamiento del carbón activado ya que posee en su mayoría grupos de tipo ácido en su superficie (Tovar et al., 2019). Por otro lado, la conductividad no mostró cambio, lo cual se asocia a que la cantidad de iones presentes en el medio se mantienen estables en la solución.

**Conclusiones.** Al comparar el proceso de Electro-Fenton con el de Electro-Oxidación se pudo observar un comportamiento similar. Sin embargo, al comparar el sistema en modo continuo y por lotes se pudo observar que el modo continuo es superior al arreglo por lotes por lo que sugiere que el arreglo continuo promueve una mayor degradación del colorante, relacionado también con el pH, pues hay un mayor cambio que se atribuye a las reacciones de oxidación en el ánodo.

**Bibliografía.**

- Bañuelos, J. A., Rodríguez, F. J., Manríquez Rocha, J., Bustos, E., Rodríguez, A., Cruz, J. C., Arriaga, L. G., & Godínez, L. A. (2013). Novel electro-fenton approach for regeneration of activated carbon. *Environmental Science and Technology*, 47(14), 7927–7933. <https://doi.org/10.1021/es401320e>
- Betri, B. (2011). *Aplicación de los métodos electroquímicos a la optimización de materiales carbonosos*. (Issue Figura 2).
- Fernández, D., Robles, I., Rodríguez-Valadez, F. J., & Godínez, L. A. (2018). Novel arrangement for an electro-Fenton reactor that does not require addition of iron, acid and a final neutralization stage. Towards the development of a cost-effective technology for the treatment of wastewater. *Chemosphere*, 199, 251–255. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.02.036>
- Mendoza López, G. (2009). *Decoloración de un efluente de la industria textil mediante el proceso Foto-Fenton acoplado a un sistema de biofiltración*.
- Natalia, B. L. A. L. S. L. A. Z. B. (2013). *Trabajo de equipos de operaciones con sólidos en filtración*. <https://es.slideshare.net/ivanramma/filtracion-3>
- Piña Mondragón, S. (2007). *Decoloración biológica del colorante azul directo 2 en un filtro anaerobio/aerobio*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Robles, I., Becerra, E., Barrios, J. A., Maya, C., Jiménez, B., Rodríguez-Valadez, F. J., Rivera, F., García-Espinoza, J. D., & Godínez, L. A. (2020). Inactivation of helminth eggs in an electro-Fenton reactor: Towards full electrochemical disinfection of human waste using activated carbon. *ELSEVIER*, 250, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126260>
- Salinas Juárez, M. G. (2011). *Evaluación de un sistema de biofiltración y humedal para el tratamiento de aguas residuales de la industria textil*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Torices, D. P. (2018). Procesos de oxidación avanzada: Avances recientes y tendencias futuras. [Universidad de Cantabria]. In *Universidad de Cantabria*. <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/14217/409513.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Tovar, A. K., Godínez, L. A., Espejel, F., Ramírez-Zamora, R. M., & Robles, I. (2019). Optimization of the integral valorization process for orange peel waste using a design of experiments approach: Production of high-quality pectin and activated carbon. *Waste Management*, 85, 202–213. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.12.029>
- Tovar Arce, A. K. (2017). *Valorización integral de cáscaras de naranja mediante extracción de pectina y elaboración de carbón activado*. Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica.