

Adsorción de fenol en solución acuosa sobre semilla de aguacate natural y carbonizada

Adsorption of phenol in aqueous solution on natural and carbonized avocado seed

¹P.A. Cano-Lara, ²A.I. Flores-Rojas, ³N.A. Medellín-Castillo, ⁴P.E. Díaz-Flores

¹Universidad Veracruzana Facultad de Ciencias Químicas región Xalapa, , Circuito Aguirre Beltrán S/N, Zona Universitaria, C. P. 91000, Xalapa, México, paolaalhelicl@gmail.com, ²Programas Multidisciplinarios de Posgrado en Ciencias Ambientales, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Ave. Manuel Nava 201, 2do piso Zona Universitaria.P.78210, San Luis Potosí, México, israel.flores@uaslp.mx, ³Centro de Investigación y Estudios de Posgrado, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Av. Manuel Nava No. 8, Zona Universitaria, 78290 San Luis Potosí, México, nahum.medellin@uaslp.mx, ⁴Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Km. 14.5 Carretera San Luis-Matehuala, Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí, S.L.P., CP 78321, México. Tel. (444) 8262300 Ext. 1138, paola.diaz@uaslp.mx

Palabras clave: adsorción, fenol, semilla de aguacate

Key words: adsorption, phenol, avocado seed

INTRODUCCIÓN

El constante crecimiento poblacional y el desarrollo industrial de los países, la falta de cumplimiento de leyes y normativas relacionadas a la descarga de efluentes en cuerpos de agua, además del escaso financiamiento para la implementación de sistemas de tratamiento, tanto de residuos como aguas residuales, han contribuido de manera importante a la contaminación del agua por presencia de sustancias químicas orgánicas e inorgánicas ocasionando, como consecuencia, daños adversos a la salud humana y a la flora y fauna. Esto ha generado una búsqueda exhaustiva en tecnologías de remoción eficientes, de fácil operación y bajo costo (El-Sayed & El-Sayed, 2014; Halder & Islam, 2015).

METODOLOGÍA

Para la síntesis de los materiales carbonizados se llevó a cabo un proceso de carbonización a tres diferentes temperaturas: 210, 300 y 400°C y posteriormente se realizó una activación química con H₃PO₄. La caracterización de los adsorbentes se hizo por medio de análisis termogravimétrico (TGA), espectroscopía en el infrarrojo, distribución de cargas y punto de carga cero (PCC). Los experimentos de adsorción se realizaron en sistemas por lotes. Los datos obtenidos se procesaron en el software Microsoft Excel 2013 y por medio del programa STATISTICA 7 fueron obtenidos los modelos de las isothermas de Langmuir y Freundlich.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis termogravimétrico (TGA)

En la Figura 1 se muestra la curva del TGA, así como la curva termogravimétrica diferencial o DTG del material natural. Existen dos picos sobresalientes (106.3 y 199.0°C) en la curva DGT. El primero se mostró alrededor de los 100°C y está relacionado con la pérdida de humedad contenida en la semilla de aguacate, así como con la deshidratación de polisacáridos (Sánchez et al., 2017). El segundo pico, localizado a los 199°C , se atribuye a la degradación de los componentes poliméricos de la semilla como lo son la celulosa, hemicelulosa, lignina y el almidón (Bazzo et al., 2015; Domínguez et al., 2016). La carbonización progresiva de la fracción sólida y la degradación térmica y volatilización de alquitranes (Sánchez et al., 2017) se presentaron a temperaturas de 400.0 a 799.8°C .

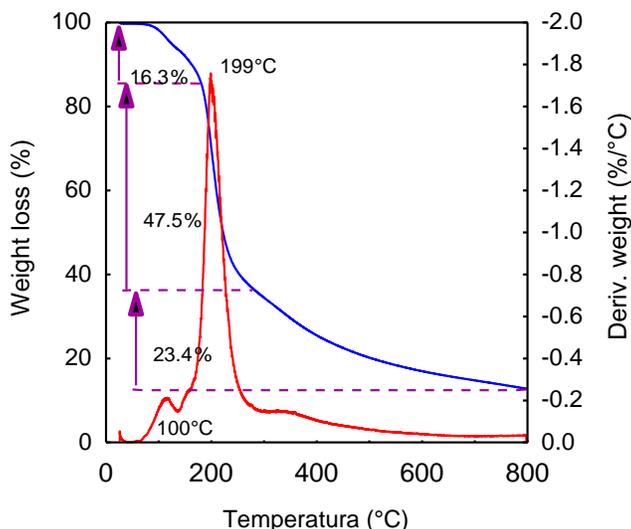


Figura 1. Curvas TGA y DTG de la semilla de aguacate natural (SAN).

Espectroscopía en el infrarrojo (IR)

La Figura 2 muestra los espectros de infrarrojo correspondientes a la semilla de aguacate natural (SAN) y la semilla carbonizada a diferentes temperaturas (SAC-210, SAC-300, SAC400). El pico en la banda de 3259 cm^{-1} corresponde a los grupos OH (Díaz-Muñoz et al., 2016) y grupos NH de aminoácidos en la semilla (Elizalde-González et al., 2007). El pico en la banda de 1743 cm^{-1} se atribuye a una vibración C=O, grupos carbonilos y ácidos carboxílicos (Bazzo et al., 2015). Los picos en 1620 , 1520 cm^{-1} corresponden a enlaces aromáticos (Sánchez et al., 2017) y 1440 cm^{-1} asociado a carbohidratos y lignina (Akmil-bas & Köseog, 2015). El pico en la banda de 1357 cm^{-1} es asignado a la vibración C-H flexión de enlaces glucosídicos (Díaz-Muñoz et al., 2016) y grupos OH (Xu et al., 2013), mientras que las vibraciones C-O estiramiento de 1240 - 1010 cm^{-1} son debidas a ácidos carboxílicos, alcoholes, éteres y ésteres (Salomón-Negrete et al., 2018, Akmil-bas & Köseog, 2015; DíazMuñoz et al., 2016; Yakout & Sharaf El-Deen, 2016). Finalmente, los picos presentes en las bandas de 850 y 750 cm^{-1} implican vibraciones CH asociadas a estructuras con anillos de compuestos aromáticos (Asadieraghi et al., 2014). En la Figura 3 se muestran los espectros IR de SAN y SAC-400 y SAM-400, así como SAMF-400 (carbón después del proceso de

adsorción). Al compararlos se aprecia, en ambos carbones, la aparición de picos localizados en las bandas de 3742, 2360 y 1190 cm^{-1} que se pueden relacionar con grupos OH aislados (Yakout & Sharaf El-Deen, 2016) y por la presencia de fósforo como consecuencia de la impregnación con H_3PO_4 (El-Araby et al., 2019).

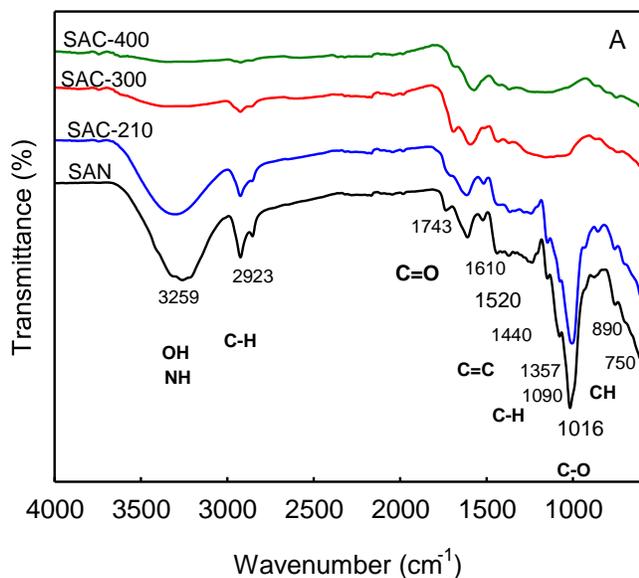


Figura 2. Espectro en el IR de la SAN, SAC-210, SAC-300 y SAC-400

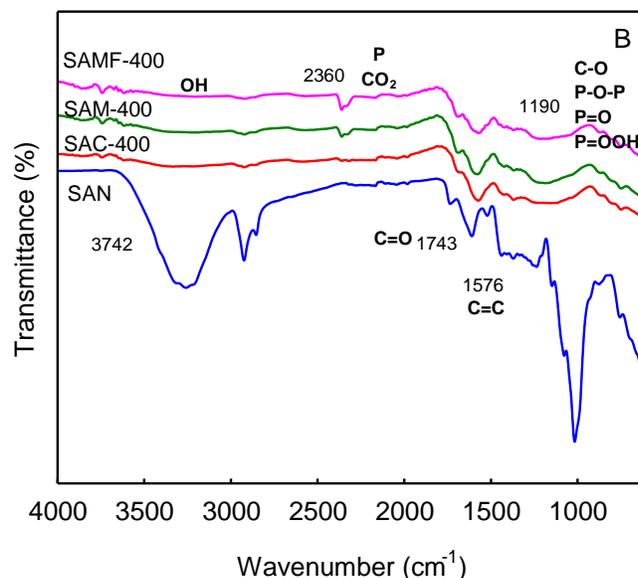


Figura 3. Espectro en el IR de la SAN, SAC-400, SAM-400 y SAMF-400 (después de adsorber fenol)

Efecto de la temperatura de carbonización

Se observó un aumento en la capacidad de adsorción al incrementar la temperatura de carbonización de los materiales. Este efecto puede atribuirse al aumento de la porosidad disponible para los adsorbatos debido al ensanchamiento de los poros relacionado al aumento en el área superficial de los materiales adsorbentes, así como la afinidad entre la carga de la superficie de estos (PCC) y la especie de fenol (Leite et al., 2018).

Efecto del tiempo y la temperatura de oxidación

La remoción de fenol aumentó cuando la temperatura y el tiempo de activación se incrementaron. Lo anterior puede explicarse como resultado de la influencia que tienen estos parámetros sobre las propiedades texturales del adsorbente. La utilización de H_3PO_4 como agente activante se ha relacionado con el desarrollo de la porosidad (Donald et al., 2011), de la misma manera que el incremento en la temperatura de carbonización y tiempo de activación, así como transformaciones químicas del H_3PO_4 en compuestos que pueden estar involucrados en el proceso de adsorción (Adegboyega et al., 2015; Li et al., 2015; Yakout & Sharaf El-Deen, 2016).

Isotermas de adsorción

Las máximas capacidades de adsorción de fenol se obtuvieron a una concentración en el equilibrio de 60 mg/L para SAN de 17.66 mg/g y para SAM-400 de 4.92 mg/g a pH 7 y 25°C. Como se observa en la figura 4, la eficiencia de remoción incrementa con el aumento en el

pH de 4 a 7, como resultado de la afinidad entre la carga superficial de adsorbente y la forma no disociada de las moléculas de fenol. Además la SAN tuvo una mayor remoción de fenol en comparación con los adsorbentes SAC-400 y SAM-400 (Figura 5), lo cual puede atribuirse a que la adsorción es un proceso que no depende exclusivamente de las características físicas (porosidad) del adsorbente sino que también considera la naturaleza química del adsorbente y adsorbato, así como la composición química del medio (Leite et al., 2018).

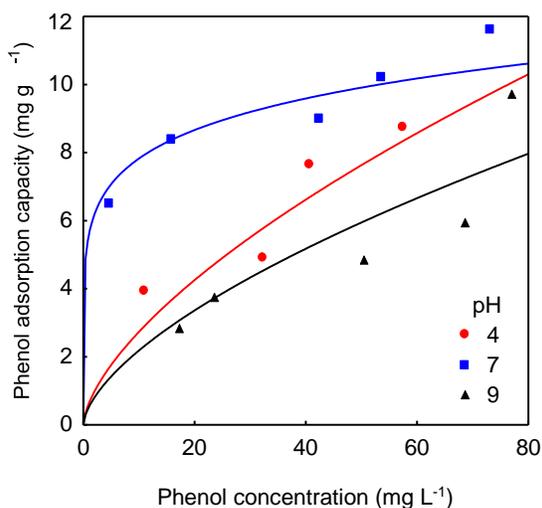


Figura 4. Isotermas de adsorción de fenol sobre SAN a diferentes valores de pH y 25°C.

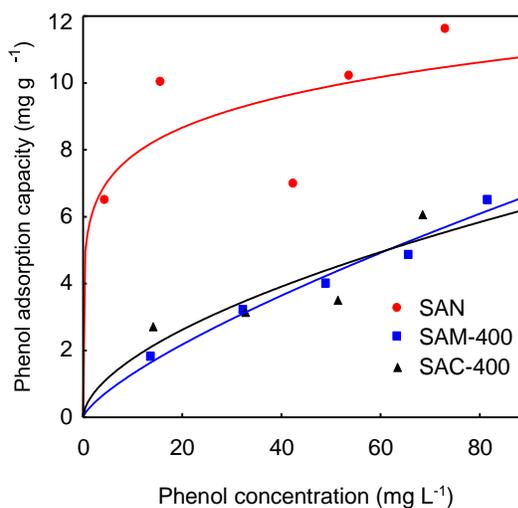


Figura 5. Isotermas de adsorción de fenol sobre diferentes adsorbentes a pH 7 y 25°C.

CONCLUSIONES

En este estudio, la semilla de aguacate fue utilizada exitosamente como adsorbente, así como material precursor en la producción de carbones activados. La capacidad de adsorción de fenol incrementó a medida que de la temperatura de carbonización crece. También, la capacidad de adsorción incrementó con el aumento del tiempo y la temperatura de oxidación. De igual forma, el aumento en el pH de la solución incrementó la capacidad de adsorción.

BIBLIOGRAFÍA

Adegboyega, S. O., Olusegun, A. A., Michael, S. O., Mku, T. I., & Sam, S. A. (2015). *Preparation of phosphoric acid activated carbons from *Canarium Schweinfurthii* Nutshell and its role in methylene blue adsorption*. Journal of Chemical Engineering and Materials Science, 6(2), 9–14.

Akmil-bas, C., & Köseog, E. (2015). *Preparation, structural evaluation and adsorptive properties of activated carbon from agricultural waste biomass*. Advanced Powder Technology, 26, 811–818.

Bazzo, A., Adebayo, M. A., Dias, S. L. P., Lima, E. C., Vaghetti, J. C. P., Oliveira, E. R. De, ... Pavan, F. A. (2015). *Avocado seed powder: characterization and its application for crystal violet dye removal from aqueous solutions*. Desalination and Water Treatment, 1–16.

- Díaz-Muñoz, L. L., Bonilla-Petriciolet, A., Reynel-Ávila, H. E., & Mendoza-Castillo, D. I. (2016). *Sorption of heavy metal ions from aqueous solution using acid-treated avocado kernel seeds and its FTIR spectroscopy characterization*. *Journal of Molecular Liquids*, 215, 555–564.
- Domínguez, M. P., Araus, K., Bonert, P., Sa, F., Miguel, G. S., & Toledo, M. (2016). *The Avocado and Its Waste: An Approach of Fuel Potential / Application*. *The Handbook of Environmental Chemistry*, 34, 199–224.
- El-Araby, H. A., Ibrahim, A. M., & Mangood, A. H. (2019). *Removal of lead and cadmium ions from aqueous solution by adsorption on a low-cost Phragmites biomass*. *International Journal of Engineering and Technology*, 19(5).
- Elizalde-González, M. P., Mattusch, J., Peláez-Cid, A. A., & Wennrich, R. (2007). *Characterization of adsorbent materials prepared from avocado kernel seeds: Natural, activated and carbonized forms*. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 78(1), 185–193.
- El-Sayed, H. E. M., & El-Sayed, M. M. H. (2014). *Assessment of food processing and pharmaceutical industrial wastes as potential biosorbents: A review*. *BioMed Research International*, 2014, 1-24.
- Halder, J. N., & Islam, M. N. (2015). *Water Pollution and its Impact on the Human Health*, 2(1), 36–46.
- Leite, A. B., Saucier, C., Lima, E. C., dos Reis, G. S., Umpierrez, C. S., Mello, B. L., ... Sampaio, C. H. (2018). *Activated carbons from avocado seed: optimisation and application for removal of several emerging organic compounds*. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(8), 7647–7661.
- Salomón-Negrete, M. Á., Reynel-Ávila, H. E., Mendoza-Castillo, D. I., Bonilla-Petriciolet, A., & Duran-Valle, C. J. (2018). *Water defluoridation with avocado-based adsorbents: Synthesis, physicochemical characterization and thermodynamic studies*. *Journal of Molecular Liquids*, 254, 188–197.
- Sánchez, F., Araus, K., Domínguez, M. P., & San Miguel, G. (2017). *Thermochemical Transformation of Residual Avocado Seeds: Torrefaction and Carbonization*. *Waste Biomass Valor*, 8, 2495–2510.
- Xu, F., Yu, J., Tesso, T., Dowell, F., & Wang, D. (2013). *Qualitative and quantitative analysis of lignocellulosic biomass using infrared techniques: A mini review*. *Applied Energy*, 104, 801–809.
- Yakout, S. M., & Sharaf El-Deen, G. (2016). *Characterization of activated carbon prepared by phosphoric acid activation of olive stones*. *Arabian Journal of Chemistry*, 9, S1155–S1162.