

Síntesis de OGr como material de soporte para el desarrollo de biopelícula anaerobia

Diana Amador-González¹, Alexa M. Salgado-Arreguín¹, Alejandro Alvarado-Lassman^{1*}, Norma A. Vallejo-Cantú¹ y Ana L. Martínez-Hernández².

¹ División de Estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Orizaba, Orizaba, Veracruz, México.

² División de Estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Querétaro, Santiago de Querétaro, Querétaro, México

* Autor de correspondencia: alejandro.al@orizaba.tecnm.mx

Energías renovables (Nuevos materiales). **Ponencia Presencial.**

Recibido: 16 de junio de 2023

Aceptado: 25 de agosto de 2023

Publicado: 23 de noviembre de 2023

Palabras clave: Nanomateriales; Óxido de grafeno reducido; Materiales de soporte; Síntesis, Digestión Anaerobia.

Introducción. El óxido de grafeno reducido (OGr) es uno de los nanomateriales de base de carbono perteneciente a la familia del grafeno, los cuales consisten en átomos de carbono enlazados con hibridación sp^2 y sp^3 dispuestos en una estructura de panel bidimensional (Alkhouzaam *et al.*, 2020). Presenta propiedades deseables como una súper conductividad eléctrica y térmica, alta resistencia mecánica, una gran área superficial específica, movilidad electrónica, habilidades de barrera molecular, así como ligereza, flexibilidad, estabilidad química, compatibilidad y altas propiedades ópticas, los cuales ayudan en el incremento de las tasas de producción de metano en la Digestión Anaerobia (DA). El OGr empleado en la DA tiene la capacidad de estimular la actividad microbiana y ayudar en la estabilización del proceso (Muratçobanoğlu *et al.*, 2021) ayudando a superar algunos obstáculos como la acumulación de ácidos grasos volátiles (AGVs), la baja tasa de biodegradabilidad que presentan los sustratos orgánicos complejos, requerimientos de pretratamientos (Gahlot *et al.*, 2020). La obtención y caracterización del OGr realizado en el presente trabajo representa un punto de partida y juega un rol base para la obtención del OGr a diferentes grados de reducción, además de un punto de referencia de la influencia que tienen las concentraciones de los grupos funcionales oxigenados presentes en la estructura de los nanomateriales en el proceso de la digestión anaerobia.

Materiales y Métodos. La síntesis de OGr se realizó empleando el método de Hummers modificado de acuerdo con lo establecido por De la Luz-Asunción *et al.*, (2015). En la Figura 1 se muestra la metodología empleada en los pasos de oxidación, exfoliación y reducción en la síntesis.

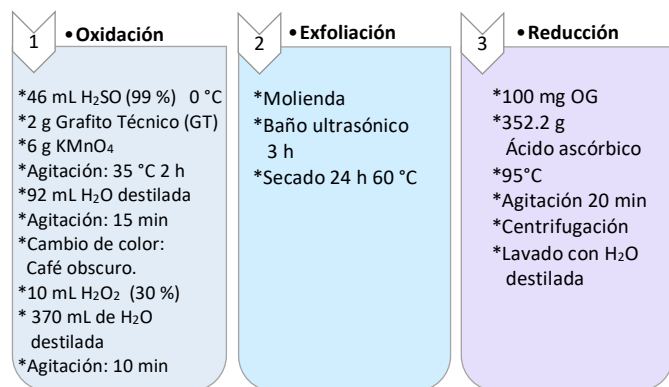


Figura 1. Metodología condensada de los tres pasos de la síntesis de OGr.

Resultados.

Las muestras de polvo de grafito técnico (GT), óxido de grafeno (OG) y óxido de grafeno reducido (OGr) se caracterizaron por espectroscopia infrarroja (FTIR). Los espectros infrarrojos de los materiales derivados de grafeno se presentan en la Figura 2, en donde se pueden observar algunas diferencias notables para los tres materiales analizados.

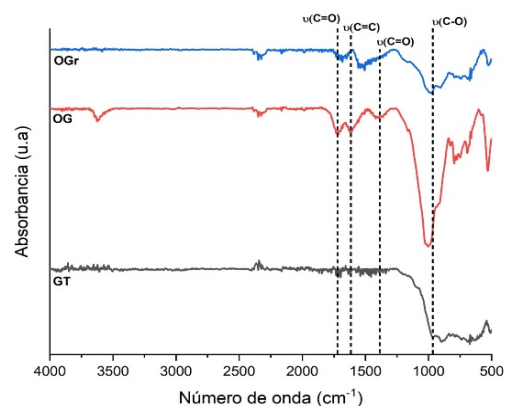


Figura 2. Análisis FTIR de los tres materiales grafénicos.

En el espectro del grafito (GT) se observó la presencia de grupos oxigenados en su estructura en el ancho de banda 971 cm^{-1} generada por la vibración del estiramiento de los enlaces de C—O, mientras que los espectros de OG y OGr a diferencia del GT presentan vibraciones de estiramiento (ν) de los grupos carboxílicos C=O en el ancho de banda 1719 cm^{-1} , mientras que a los 1615 cm^{-1} se encuentran los correspondientes a grupos C=C y a los 1404 cm^{-1} se tuvo evidencia de la presencia de grupos C=O. Mediante el análisis de los espectros presentados en la Figura 2, se observó que los picos presentes en el espectro del OGr en comparación con los observados en el OG tienen menor pronunciación, esto debido a la reducción en la concentración de oxígeno residual presente en la estructura del material. Los valores obtenidos son similares a los reportados por el autor Ramos-Galicia *et al.*, (2021), quienes obtuvieron evidencia en el ancho de banda 990 cm^{-1} vibraciones por estiramiento de enlaces C—O en el análisis del grafito natural utilizado, mientras que, para el OG y OGr reportaron la presencia de los grupos funcionales de C=O, C=C y C=O en los anchos de banda de 1719, 1600 y 1400 cm^{-1} utilizando la técnica de espectroscopia FTIR, de igual manera, otros autores como De la Luz-Asunción *et al.*, (2015), Olorunkosebi *et al.*, (2021) y Santamaría-Juárez *et al.*, (2019) han reportado valores semejantes.

Conclusiones. A partir de los resultados obtenidos por medio de la técnica de espectroscopia FTIR se obtuvo evidencia de la obtención del material de OGr presentando concentraciones en su estructura grupos funcionales oxigenados en menor cantidad que los presentes en el OG, dichos resultados pueden ser comparados con valores reportados en bibliografía por Ramos-Galicia *et al.*, (2021), lo que nos indica que este material cuenta con las características necesarias para realizar ensayos empleándolo como material de soporte, mejorador y estabilizador de la digestión anaerobia, esperando un incremento en la tasa de producción de biogás acortando tiempos de digestión mediante el favorecimiento de la Transferencia Directa de Electrones, además forma una base para obtener OGr a diferentes tiempos de reducción y por lo tanto, diferentes grados de reducción lo que ayudará a analizar la influencia que tienen las concentraciones

de grupos funcionales oxigenados presentes en el nanomaterial en el proceso de la DA y así obtener nueva información que ayude a optimizar los rendimientos, estabilización y tiempos requeridos de dicho proceso.

Bibliografía.

- Alkhouzaam, A., Qiblawey, H., Khraisheh, M., Atieh, M., y Al-Ghouti, M. 2020. Synthesis of graphene oxides particle of high oxidation degree using a modified Hummers method. *Ceramics International*, 46(15): 23997-24007. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2020.06.177>.
- De la Luz-Asunción, M., Sánchez-Mendieta, V., Martínez-Hernández, A. L., Castaño, V. M., y Velasco-Santos, C. (2015). Adsorption of phenol from aqueous solutions by carbon nanomaterials of one and two dimensions: Kinetic and equilibrium studies. *Journal of Nanomaterials*, 16(1), 422-422. <https://doi.org/10.1155/2015/405036>.
- Gahlot, P., Ahmed, B., Tiwari, S. B., Aryal, N., Khurshheed, A., Kazmi, A. A., y Tyagi, V. K. 2020. Conductive material engineered direct interspecies electron transfer (DIET) in anaerobic digestion: mechanism and application. *Environmental Technology y Innovation*, 20, 101056. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2020.10105>.
- Muratçobanoğlu, H., Gökçek, Ö. B., Mert, R. A., Zan, R., y Demirel, S. 2021. The impact of reduced graphene oxide (rGO) supplementation on cattle manure anaerobic digestion: Focusing on process performance and microbial syntrophy. *Biochemical Engineering Journal*, 173, 108080. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2021.108080>.
- Olorunkosebi, A. A., Eleruja, M. A., Adedeji, A. V., Olofinjana, B., Fasakin, O., Omotoso, E., Oyedotun, K.O., Ajayi E.O.B., y Manyala, N. (2021). Optimization of graphene oxide through various Hummers' methods and comparative reduction using green approach. *Diamond and Related Materials*, 117, 108456. <https://doi.org/10.1016/j.diamond.2021.108456>.
- Ramos-Galicia, L., Reyes-Vazquez, C. D., Martínez-Hernández, A. L., Rodríguez-González, J. A., Rubio-González, C., Almendarez-Camarillo, A., y Velasco-Santos, C. (2021). Performance of Graphene Derivatives Produced by Chemical and Physical Methods as Reinforcements in Glass Fiber Composite Laminates. *Applied Composite Materials*, 28, 923-949. <https://doi.org/10.1007/s10443-021-09895-x>.
- Santamaría-Juárez, G., Gómez-Barojas, E., Quiroga-González, E., Sánchez-Mora, E., Quintana-Ruiz, M., y Santamaría-Juárez, J. D. (2020). Safer modified Hummers' method for the synthesis of graphene oxide with high quality and high yield. *Materials Research Express*, 6(12), 125631. <https://doi.org/10.1088/2053-1591/ab4cbf>.