



OPTIMIZACIÓN DE LA EXTRACCIÓN DE SÍLICE ÚTIL EN TRANSFORMACIONES CATALÍTICAS PARA LA CAPTURA DE DIÓXIDO DE CARBONO EMPLEANDO RESIDUOS AGROINDUSTRIALES

Carlos Andrés López Vargas^{1*}

Betina M. Faroldi; Laura M. Cornaglia²

Instituto de Investigaciones en Catálisis y Petroquímica, INCAPE, Universidad Nacional del Litoral, CONICET, Facultad de Ingeniería Química, Santiago del Estero, 2829- 3000 Santa Fe, Argentina

*carlos.200912015@gmail.com

Palabras clave: catalizador, Sílice, captura CO₂, Adsorción

INTRODUCCIÓN

Los gases efecto invernadero han aumentado en los últimos años acaecido por la alta demanda de combustibles fósiles, la globalización y una aceleración económica desbordada. Emisiones de gases como el CO₂ se estima que sigan en aumento por el crecimiento poblacional y la alta demanda de energía (Mehmood & Tariq, 2020). Desde varias décadas atrás las autoridades lo reconocen como un serio riesgo para el equilibrio de nuestro planeta y se requiere del desarrollo de investigaciones que faciliten la solución y/o mitigación de las consecuencias a través del uso de nuevas tecnologías. Fenómenos como el cambio climático, el deterioro ecológico y la alteración de todas las formas de vida son las que más preocupan a la comunidad científica (Ullah et al., 2018). Dentro de las nuevas tecnologías, la captura de CO₂ se ha planteado como solución, haciendo uso de adsorbentes sólidos tratados a distintas temperaturas (Hu et al., 2019). Este proceso requiere de materiales adsorbentes que se pueden obtener de los residuos agroindustriales como la cáscara de arroz, la cual es de gran atención ya que se ha convertido en una nueva fuente de obtención de energía por su alto contenido de silicio y su variada utilidad a nivel industrial (Farirai et al., 2021).

Se destaca la importancia que tiene la obtención de una metodología de síntesis de sílice de alta pureza a partir de los residuos agropecuarios dándoles uso en transformaciones catalíticas de bajo costo (Osman & Apawe, 2020b). En la actualidad, los residuos agroindustriales han tomado doble valor como materias primas útiles en la obtención de silicio y son una de las fuentes más accesibles y económicas para la producción de sílice natural de elevada pureza y con un bajo costo de modificación, de los cuales la cáscara de arroz destaca por su alto contenido de sílice (Zamani et al., 2019)(Farirai et al., 2021).

OBJETIVOS

- El objetivo central de este trabajo es diseñar una metodología de extracción de sílice a partir de la ceniza de cáscara de arroz vía álcali, trabajando sobre las variables predominantes de extracción como temperatura, concentración de base y tiempo, en la obtención de silicato de sodio (Na_2SiO_3).
- Realizar la síntesis de materiales con alto contenido de (SiO_2) y aplicar una adecuada combinación de técnicas de caracterización para identificar las propiedades fisicoquímicas superficiales y volumétricas de los sólidos obtenidos y a partir de estos resultados optimizar el desarrollo del material.

Título del proyecto: valorización de cáscaras de arroz mediante la obtención de materiales sustentables avanzados aplicados en procesos de remediación ambiental

Instrumento: plan de excelencia en investigación científica - Proyectos I+D

Año de la convocatoria: 2021

Organismo financiador: Agencia Santafesina de Ciencia, Tecnología e Innovación (ASACTei)

Director/a: Betina Faroldi

METODOLOGIA

Se realizaron los experimentos a partir de la ceniza de cáscara de arroz proveniente de una empresa local de la provincia de Santa Fe la cual la utiliza en procesos de combustión para obtención de energía, por lo que el subproducto tiene una doble utilidad. Con el fin de determinar las propiedades de este residuo se realizó un análisis termogravimétrico dinámico en atmósfera controlada de aire. Este experimento se realizó en un rango de temperatura desde 30 a 900 °C, con una rampa de calentamiento de 10 °C/min. Para la realización de la extracción de sílice de las cenizas se empleó una solución básica de hidróxido de sodio bajo un sistema de reflujo con agitación magnética obteniendo soluciones de silicato de sodio, la cual consiste en una activación de la ceniza por medio de una solución alcalina (Carmona et al., 2013) (Mor et al., 2017).

El proceso consiste en hacerle digestión a la ceniza con una solución de diferentes concentraciones de hidróxido de sodio para obtener una solución de silicato de sodio (Na_2SiO_3). En esta etapa, se realizan experimentos para operar con concentraciones de 1,5, 1,0 y 0,5 M de NaOH respectivamente a temperatura ambiente y por 24 horas de agitación. Posteriormente, se realiza una filtración al vacío recuperándose el sobrenadante (Na_2SiO_3); mientras el filtrado (ceniza) se pesa y se recupera para someterse a una segunda extracción siguiendo el mismo protocolo. La nano sílice se precipita con una solución de ácido clorhídrico gota a gota hasta $\text{pH} \leq 7$, observando la formación de un gel color blanco de forma granular. Una vez obtenido el gel se lleva estufa durante 24 horas a 100 °C hasta sequedad completa. Finalmente se realiza una centrifugación y filtración al vacío para obtener partículas sólidas de Nano-silicio libre de otras impurezas. El lavado durante muchas veces produce el silicio sólido, seguido se coloca en estufa a 80°C durante 24 horas (Osman & Apawe, 2020a), (Seroka et al., 2022). Con el fin de optimizar es necesario realizar ensayos con temperaturas más altas y menos tiempos de extracción variando la velocidad de agitación. Cada material de síntesis obtenido, así como las cenizas de lavado son caracterizados por difracción de rayos X con velocidad de barrido de 1 °C/min, abarcando un rango de 2 entre 10 y 70 θ

respectivamente, para estudiar la pureza, la superficie específica y el porcentaje de recuperación obtenido mediante cada protocolo.

Tabla1. Porcentaje de recuperación obtenido para cada tratamiento después de realizada la extracción. *%R=(%Recuperación)

	Solución 1,5 M		Solución 1, 0 M		Solución 0,5 M	
	Masa de SiO ₂ (g)	%R	Masa de SiO ₂ (g)	%R	Masa de SiO ₂ (g)	%R
1era extracción /4g ceniza	3,70	92%	3,60	90%	3,35	84%
2da extracción (g)/3g ceniza	2,24	64%	2,10	70%	2,00	66%
% Total Sílice en muestra (TGA)	41%	73%	41%	72%	41%	68%

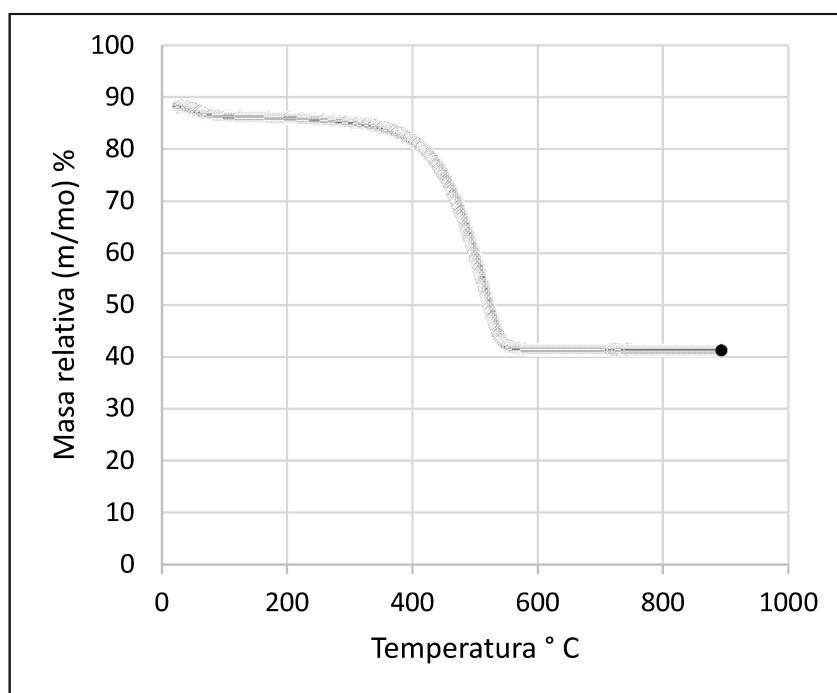


Figura1. Análisis termogravimétrico de las cenizas de la cáscara de arroz

CONCLUSIONES

- La concentración más influyente en el tratamiento de ceniza en términos de recuperación alcanzada de sílice impura, es la concentración de 1.5 M la cual presenta diferencias estadísticamente significativas con 0.5 M. Es importante mencionar que en términos de recuperación conviene utilizar la concentración de 1.5 M ya que alcanza recuperaciones mayores al 60%.

- Al realizar una segunda extracción se puede obtener una recuperación de sílice total pura mayor al 30%, hecho que se corrobora con el TGA, dado que se muestra en la tercera y última pérdida de masa un valor invariable entre 550 y 900 °C, el cual corresponde al porcentaje de material inorgánico. Este material inorgánico corresponde en su mayoría a óxidos de silicio, el cual es de interés en este trabajo y se ubica según el gráfico en un 41%, lo que indica que se alcanza para nuestros resultados valores cercanos al 90% de recuperación del material del interés.
- Cabe destacar que la segunda extracción aporta un 13% del porcentaje antes mencionado, lo que se establece como un gran acierto frente a extracciones realizadas en otros estudios similares a este. Por otra parte, a través de estos tratamientos puede obtenerse sílice de alta pureza y con tamaño de partícula nanométrica y estas características abren un amplio espectro de aplicaciones futuras.

REFERENCIAS

- Carmona, V. B., Oliveira, R. M., Silva, W. T. L., Mattoso, L. H. C., & Marconcini, J. M. (2013).** Nanosilica from rice husk: Extraction and characterization. *Industrial Crops and Products*, 43(1), 291–296. <https://doi.org/10.1016/J.INDCROP.2012.06.050>
- Farirai, F., Ozonoh, M., Aniokete, T. C., Eterigho-Ikelegbe, O., Mupa, M., Zeyi, B., & Daramola, M. O. (2021).** Methods of extracting silica and silicon from agricultural waste ashes and application of the produced silicon in solar cells: a mini-review. *International Journal of Sustainable Engineering*, 14(1), 57–78. <https://doi.org/10.1080/19397038.2020.1720854>
- Hu, Y., Liu, W., Yang, Y., Qu, M., & Li, H. (2019).** CO₂ capture by Li₄SiO₄ sorbents and their applications: Current developments and new trends. *Chemical Engineering Journal*, 359, 604–625. <https://doi.org/10.1016/J.CEJ.2018.11.128>
- Mehmood, U., & Tariq, S. (2020).** Globalization and CO₂ emissions nexus: evidence from the EKC hypothesis in South Asian countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 13938–13955. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09774-1> Published
- Mor, S., Manchanda, C. K., Kansal, S. K., & Ravindra, K. (2017).** Nanosilica extraction from processed agricultural residue using green technology. *Journal of Cleaner Production*, 143, 1284–1290. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2016.11.142>
- Osman, N. S., & Apawe, N. (2020b).** Synthesis of silica (SiO₂) from reproducible acid-leached oil palm frond ash (OPFA) via optimized sol–gel method. *Materials Today: Proceedings*, 31, 249–252. <https://doi.org/10.1016/J.MATPR.2020.05.330>
- Seroka, N. S., Taziwa, R. T., & Khotseng, L. (2022).** Extraction and Synthesis of Silicon Nanoparticles (SiNPs) from Sugarcane Bagasse Ash: A Mini-Review. *Applied Sciences (Switzerland)*, 12(5). <https://doi.org/10.3390/APP12052310>
- Ullah, A., Khan, D., Khan, I., & Zheng, S. (2018).** Does agricultural ecosystem cause environmental pollution in Pakistan? Promise and menace. *Environmental Science and Pollution Research*, 13938–13955. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-1530-4>
- Zamani, A., Marjani, A. P., & Mousavi, Z. (2019).** Agricultural waste biomass-assisted nanostructures: Synthesis and application. *Green Processing and Synthesis*, 8(1), 421–429. https://doi.org/10.1515/GPS-2019-0010/ASSET/GRAPHIC/J_GPS-2019-0010_FIG_012.JPG