

6^{ta}

Encuentro
de Investigadores
de la Patagonia Austral

2020

LIBRO
DE ARTÍCULOS
CORTOS

SeCyT



UNPA

Universidad Nacional
de la Patagonia Austral

ISBN 978-987-3714-88-7



9 789873 714887

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PATAGONIA AUSTRAL



**VI ENCUENTRO DE INVESTIGADORES,
BECARIOS Y TESISISTAS DE LA
PATAGONIA AUSTRAL**

19 al 23 de Octubre de 2020

Universidad Nacional de la Patagonia Austral

UNPA-Secretaría de Ciencia y Tecnología

6° Encuentro de Investigadores, Becarios y Tesistas de la Patagonia Austral: libro de artículos cortos / compilado por Valeria Llanea. - 1a ed. - Río Gallegos: Universidad Nacional de la Patagonia Austral, 2021.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online
ISBN 978-987-3714-88-7

1. Investigación de Campo. 2. Desarrollo Tecnológico. I. Llanea, Valeria, comp. II. Título.
CDD 378.007

Presentación

Sin dudar el año 2020 fue un año que ha dejado una profunda huella en nuestras vidas cotidianas y en nuestras comunidades. La pandemia nos ha retraído a nuestros hogares y a la vez nos ha impulsado a establecer nuevos mecanismos y estrategias de virtualización para garantizar aquellas actividades que otrora las realizábamos de forma presencial. En el marco de este nuevo contexto, la Secretaría de Ciencia y Tecnología junto a las Secretarías de Investigación y Postgrado de las Unidades Académicas de la UNPA, asumieron el desafío de organizar el VI Encuentro de Investigadores de la Patagonia Austral.

El Encuentro de Investigadores se viene desarrollando desde hace diez años y se instala como una instancia de alto impacto institucional en tanto moviliza a la totalidad de los/as investigadores/as de nuestra institución, convirtiéndose en una importante fuente de visibilización del conjunto de actividades que los diferentes grupos de investigación desarrollan. A la vez, dichos encuentros posibilitan la generación de espacios para el intercambio de ideas entre Investigadores/as, becarios/as, tesistas, productores, gestores institucionales, que favorece el fomento y potenciación de la vinculación y el desarrollo coordinado de actividades I+D+i.

La implementación del 6º Encuentro de Investigadores de la Patagonia Austral, se ha organizado en cinco bloques de trabajo desarrollados de manera virtual involucrando diferentes dimensiones de la ciencia y tecnología. El primer bloque “Avances y desarrollos de los grupos de investigación”, estructuró sus actividades en función de mesas de trabajo orientadas por nudos problemáticos definidos por cada uno de los institutos de nuestra institución. Las seis mesas de trabajo reunieron más de ciento ochenta trabajos académicos provenientes de grupos de investigación no sólo de universidades nacionales sino también de universidades de Brasil, Colombia, Ecuador y Chile.

El segundo bloque: “jóvenes investigadores/as. Alumnos/as investigadores/as”, se organizó con el objetivo de promover intercambios de experiencias capaces de enriquecer las perspectivas teóricas y metodológicas de las producciones de alumnos/as de grado que desarrollan actividades de investigación como así también de maestrandos/as doctorandos/as que se encuentran en proceso de desarrollo de tesis. En esta última mesa, se presentaron más de cuarenta producciones académicas dando cuenta de los distintos grados de avances de los/as alumnos/as de grado y becarios/as.

El tercer bloque: “Encuentro Saberes y haceres”, se constituyó a partir del trabajo articulado entre las Secretarías de Ciencia y Tecnología y de Extensión y Transferencia de la UNPA. Esta mesa dirigió su interés en la generación de espacios de intercambio de experiencias entre diferentes actores de la sociedad, orientando su acción hacia la articulación entre las instituciones del sistema científico, organismos del Estado y actores del sector socio productivo. Las actividades de este bloque se enmarcaron en la necesidad de establecer alianzas estratégicas entre los actores para definir acciones conjuntas en un marco de instalación y fortalecimiento de redes.

El cuarto bloque: “Foro de Políticas Públicas”, se destinó a la difusión de los resultados y/o avances de los proyectos de Políticas Públicas y Sociales (PPS), desarrollados por la UNPA. El programa de PPS de la UNPA se implementa desde el año 2017 y procura la producción de conocimiento científicamente válido para contribuir a la mejora del debate, formulación, implementación y

ESTUDIO DE ADSORCIÓN Y DESORCIÓN DE METALES PROVENIENTES DE RAEEs EMPLEANDO COMO ADSORBENTE UN MATERIAL CARBONÁCEO

Juan A. Vidal Treber^{1,2}, Milagros Gallardo Quiroga¹, Patricia González¹, César A. Almeida¹
almeida@unsl.edu.ar

¹INQUISAL, CONICET. FQByF, UNSL. Chacabuco 917 (D5700BWS), San Luis, San Luis, Argentina

²Departamento de Minería, FCFMyN, UNSL. Chacabuco 917 (D5700BWS), San Luis, San Luis, Argentina

RESUMEN

En este trabajo, un material carbonáceo (MC) pulverulento de estructura porosa fue estudiado como adsorbente para remover Cd (II), Cu (II), Co (II), Cr (VI), Ni (II), Zn (II) y Pb (II) desde soluciones sintéticas de RAEEs. Los experimentos de adsorción y desorción se realizaron en batch a partir de una masa definida de MC y un volumen de concentración conocida de las soluciones de los metales a temperatura ambiente y 24 h de agitación para asegurar que el sistema alcance el equilibrio. El estudio del efecto matriz considerando el lixiviado de una placa madre confirmó que la capacidad de adsorción no fue afectada significativamente. El análisis de desorción reveló que el HCl (1 mol L⁻¹) resultó ser un potencial agente eluyente para recuperar en 3 ciclos consecutivos los metales previamente adsorbidos sobre MC.

Palabras clave: Adsorción, Desorción, Metales Pesados, Carbón, RAEEs.

1. INTRODUCCION

La gestión inadecuada de los residuos de aparatos eléctricos electrónicos (RAEEs) puede derivar en un impacto negativo para el medio ambiente. Este tipo de desechos representa un problema ambiental emergente no solo por las considerables cantidades producidas a escala mundial, sino también por el sinnúmero de compuestos contaminantes contenidos [1]. Entre ellos, los metales pesados son frecuentemente utilizados en la fabricación de diferentes dispositivos eléctricos y electrónicos, lo cuales frecuentemente se encuentran distribuidos en las placas de circuitos impresos, baterías, pilas, cables, bobinas, capacitores y carcasas entre otros [2].

Es por ello que la disposición final descontrolada de los RAEEs bajo condiciones atmosféricas puede dar lugar a la lixiviación de distintos metales pesados. En consecuencia, los metales lixiviados pueden representar un serio riesgo de contaminación para el suelo en donde se encuentren emplazados estos depósitos de RAEEs como así también para los cuerpos de aguas ubicados en las proximidades. A raíz de esto numerosos estudios realizados en zonas geográficas aledañas a depósitos de RAEEs, han confirmado elevadas concentraciones metales en muestras ambientales y humanas que superan los valores establecidos en las legislaciones ambientales [3,4].

En este contexto varias tecnologías han sido desarrolladas para tratar aguas contaminadas con metales pesados. Estos métodos incluyen filtración por membrana,

intercambio iónico, precipitación química, tratamiento electroquímico y adsorción entre otros [5-9]. Dentro de estas alternativas, la adsorción destaca por su buena eficiencia de remoción, baja inversión inicial y fácil operatividad. Algunos adsorbentes tales como arcillas, polímeros, biosorbentes y carbones activados han sido empleados para el tratamiento de aguas [10-12]. Puesto que el adsorbente es considerado uno de los factores más importantes en el proceso de adsorción donde se acumulan los contaminantes, es crucial desarrollar nuevos materiales para ser aplicados en la remediación de aguas contaminadas. En este sentido los carbones activados son ampliamente empleados como adsorbentes para remover sustancias contaminantes en el agua. Los carbones activados debido a su estructura porosa desarrollada y gran superficie específica pueden retener una gran diversidad de contaminantes [13,14]. En general estos materiales carbonáceos se preparan fácilmente a partir de materiales precursores asequibles. Además, una gran variedad de carbones activos no solo es conocida por su capacidad para adsorber iones metálicos, sino también por su funcionalidad para ser aplicados en dispositivos de almacenamiento de energía [15,16].

El objetivo de este estudio fue evaluar la capacidad de adsorción y desorción de un material carbonáceo (MC) para la remoción de distintos metales pesados (Cd (II), Cu (II), Co (II), Cr (VI), Ni (II), Pb (II), Zn (II)) en solución provenientes de RAEEs. Los metales pesados empleados en las soluciones simulaban las concentraciones típicas de los metales en muestras de aguas obtenidas en las proximidades de depósitos de RAEEs.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El MC fue provisto después de ser sintetizado por Tesio *et al.* [17]. Este material luego de ser molido, fue pretratado mezclando 1 g del mismo en 50 mL de HCl para ser agitado durante 2 h. Una vez finalizada la agitación, la suspensión fue filtrada y el sólido fue lavado con agua destilada hasta pH neutro. El sólido completamente seco después de haber estado en la estufa a 105 °C por 4 h se tamizó y se seleccionó la fracción granulométrica comprendida en el intervalo 600 – 850 µm.

El MC obtenido fue utilizado como adsorbente en los experimentos de adsorción en batch. Para ello 50 mg del MC se contactó individualmente en tubos de polietileno con 50 mL de solución (100 mg L⁻¹) de cada metal: Cd (II), Cu (II), Co (II), Cr (VI), Ni (II), Zn (II) y Pb (II). El

pH de las soluciones se ajustó adicionando NaOH (0,1 mol L⁻¹) y HNO₃ (0,1 mol L⁻¹) con el objeto maximizar adsorción evitando la precipitación de los metales. Los valores de pH ajustados fueron: Cd (5,0), Cu (4,5), Co (4,0), Cr (2,0), Ni (6,0), Zn (5,0) y Pb (4,0). Los tubos herméticamente cerrados se agitaron durante 24 h a temperatura ambiente hasta alcanzar el equilibrio. Después la concentración de la solución sobrenadante obtenida mediante filtración se determinó por ICP-OES (espectroscopía de emisión óptica mediante plasma de acoplamiento inductivo).

Por otra parte, el MC recuperado con los metales pesados retenidos fue lavado con agua destilada para eliminar los metales no adsorbidos y secado a 50 °C por 24 h. Los experimentos de desorción en batch se llevaron a cabo contactando las muestras del material carbonáceo cargadas con los metales con 2 mL de HCl (1 mol L⁻¹). La suspensión fue agitada durante 24 h, luego centrifugada (15 min, 4500 rpm) y determinada la concentración. Adicionalmente los experimentos se repitieron consecutivamente en 3 ciclos con la misma configuración.

Para evaluar el efecto matriz en el proceso de adsorción, se utilizaron lixiviados de placas madres extraídos de computadoras. El agente lixivante se preparó de acuerdo a Almeida *et al.* [18] (una mezcla 60/40 en peso de H₂SO₄ and HNO₃, pH 4,20).

Cada experimento fue realizado por triplicado para asegurar la exactitud de los resultados. Se determinaron los valores medios y la desviación estándar relativa estuvo en el orden de ± 5%.

La capacidad de adsorción del MC se calculó usando la siguiente ecuación:

$$q_e = V(C_0 - C_e) / m \quad (1)$$

Donde q_e es la cantidad de metal adsorbido por unidad de masa de MC (mg g⁻¹), C_0 es la concentración inicial (mg L⁻¹) y C_e es la concentración del metal en el equilibrio, V es el volumen de la solución (L) y m es la masa de MC (g).

El porcentaje de metal desorbido se determinó usando la siguiente ecuación:

$$D\% = (C_D V_D / q_e m) 100 \quad (2)$$

Donde C_D es la concentración del metal desorbido en el sobrenadante (mg L⁻¹), V_D es el volumen del sobrenadante desorbido (L), m es la masa de MC (g) y q_e es la cantidad de metal adsorbido por unidad de masa de MC (mg g⁻¹).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Desorción de metales

Un efectivo y potencial adsorbente para la remoción de los iones metálicos debe tener una buena capacidad de adsorción y desorción de los metales. Por esta razón se es necesario estudiar la desorción de los metales pesados desde el MC. El agente eluyente seleccionado para el proceso de desorción debe ser de bajo costo, amigable con el medio ambiente, altamente eficiente y que no dañe la estructura del adsorbente. Trabajos previos han reportado que el HCl es el mejor eluyente para los

adsorbentes cargados con metales cuando se lo compara con otros agentes tales como: HNO₃, H₂SO₄ e NaOH [19].

Los porcentajes totales de desorción de cada metal empleando HCl (1 mol L⁻¹) como agente eluyente después de 3 ciclos de desorción de 24 horas fueron: Cd (85,6%), Cu (78,2%), Co (37,1%), Cr (58,4%), Ni (41,9%), Zn (94,5%) y Pb (69,3%). Los elevados valores de desorción encontrados se podrían explicar a partir de competencia entre los protones introducidos por el eluyente y los metales pesados previamente adsorbidos en MC.

3.2 Efecto matriz

La influencia del efecto matriz en la capacidad de adsorción de MC para los metales pesados fue evaluada usando un lixiviado sintético de placa madre (solución sintética de RAEES) a la cual se adicionó 10 mg L⁻¹ de los diferentes metales pesados considerados. Para esto se utilizó 150 mL de la solución sintética agitada con 6 g de MC a pH 5 durante 24 h en una situación de compromiso. Luego se calculó la capacidad de adsorción de MC con la ecuación (1), cuyos valores medidos en mg g⁻¹ fueron: Cd (21,8), Cu (20,81), Co (23,2), Cr (24,7), Ni (30,4), Zn (37,7) y Pb (11,3). Con estos valores y las capacidades de adsorción obtenidas de los ensayos de adsorción en batch; Cd (24,94), Cu (26,84), Co (27,12), Cr (34,74), Ni (38,59), Zn (43,28) y Pb (77,33), se realizó un test t de Student para comparar esos valores. El valor de t calculado fue 0,045, mientras que el valor de t crítico fue de 2,52 para un nivel de significación de 0,05 y 6 grados de libertad. Por lo tanto, ambos valores son estadísticamente similares, y por ende la capacidad de adsorción no fue comprometida significativamente para este tipo de soluciones.

4. CONCLUSIÓN

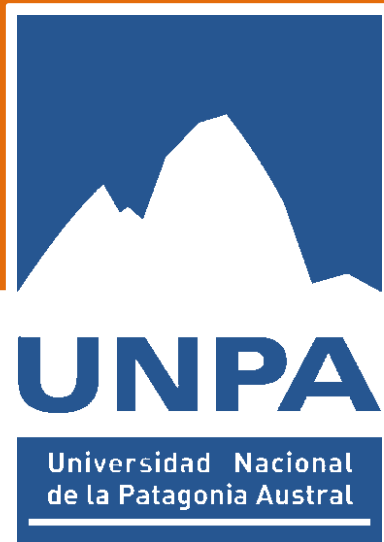
El elevado porcentaje de desorción (>69%) especialmente para el Cd (II), Cu (II), Zn (II) y Pb (II) demostró el potencial de desorción del HCl para recuperar el mayor contenido de los metales adsorbidos en MC desde las soluciones.

A partir del análisis estadístico fue posible inferir que la capacidad de adsorción de MC para los metales pesados no será afectada significativamente por el efecto matriz aportado por el lixiviado de placa madre.

5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Song, Q. and J. Li, *Environmental effects of heavy metals derived from the e-waste recycling activities in China: A systematic review*. Waste Management, 2014. **34**(12): p. 2587-2594.
- [2] Stevels, A., et al., *Take back and treatment of discarded electronics: a scientific update*. Frontiers of Environmental Science & Engineering, 2013. **7**(4): p. 475-482.
- [3] Ilankoon, I.M.S.K., et al., *E-waste in the international context – A review of trade flows, regulations, hazards,*

- waste management strategies and technologies for value recovery. *Waste Management*, 2018. **82**: p. 258-275.
- [4] He, C.-T., et al., *Organic contaminants and heavy metals in indoor dust from e-waste recycling, rural, and urban areas in South China: Spatial characteristics and implications for human exposure*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2017. **140**: p. 109-115.
- [5] Camarillo, R., et al., *Removal of heavy metal ions by polymer enhanced ultrafiltration: Batch process modeling and thermodynamics of complexation reactions*. *Desalination*, 2012. **286**: p. 193-199.
- [6] Nekouei, R.K., et al., *Selective isolation of heavy metals from spent electronic waste solution by macroporous ion-exchange resins*. *Journal of Hazardous Materials*, 2019. **371**: p. 389-396.
- [7] Safdar, M., et al., *Effect of sorption on Co (II), Cu (II), Ni (II) and Zn(II) ions precipitation*. *Desalination*, 2011. **266**(1): p. 171-174.
- [8] Sulaymon, A.H., A.O. Sharif, and T.K. Al-Shalchi, *Removal of cadmium from simulated wastewaters by electrodeposition on stainless steel tubes bundle electrode*. *Desalination and Water Treatment*, 2011. **29**(1-3): p. 218-226.
- [9] Sharma, M., J. Singh, and S. Basu, *Efficient metal ion adsorption and photodegradation of Rhodamine-B by hierarchical porous Fe-Ni@SiO₂ monolith*. *Microchemical Journal*, 2019. **145**: p. 708-717.
- [10] Yadav, V.B., R. Gadi, and S. Kalra, *Clay based nanocomposites for removal of heavy metals from water: A review*. *Journal of Environmental Management*, 2019. **232**: p. 803-817.
- [11] Yi, I.-G., et al., *Synthesis of an oxidized mesoporous carbon-based magnetic composite and its application for heavy metal removal from aqueous solutions*. *Microporous and Mesoporous Materials*, 2019. **279**: p. 45-52.
- [12] Daneshfozoun, S., M.A. Abdullah, and B. Abdullah, *Preparation and characterization of magnetic biosorbent based on oil palm empty fruit bunch fibers, cellulose and Ceiba pentandra for heavy metal ions removal*. *Industrial Crops and Products*, 2017. **105**: p. 93-103.
- [13] Rouquerol, J., et al., *Adsorption by powders and porous solids: principles, methodology and applications*. 2013: Academic press.
- [14] Çeçen, F. and Ö. Aktas, *Activated carbon for water and wastewater treatment: Integration of adsorption and biological treatment*. 2011: John Wiley & Sons.
- [15] Bottani, E.J. and J.M. Tascón, *Adsorption by carbons*. 2011: Elsevier.
- [16] Xiao, K., et al., *Carbon nitride nanotube for ion transport-based photo-rechargeable electric energy storage*. *Nano Energy*, 2020. **67**: p. 104230.
- [17] Tesio, A.Y., et al., *Versatility of a Nitrogen-Containing Monolithic Porous Carbon for Lithium-Based Energy Storage*. *ChemistrySelect*, 2018. **3**(29): p. 8560-8567.
- [18] Almeida, C., et al., *Batch leaching tests of motherboards to assess environmental contamination by bromine, platinum group elements and other selected heavy metals*. *Chemosphere*, 2016. **144**: p. 1-6.
- [19] Gautam, R.K., et al., *Biomass-derived biosorbents for metal ions sequestration: Adsorbent modification and activation methods and adsorbent regeneration*. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2014. **2**(1): p. 239-259.



**VI ENCUENTRO DE INVESTIGADORES,
BECARIOS Y TESISISTAS DE LA
PATAGONIA AUSTRAL**

Universidad Nacional de la Patagonia Austral

ISBN 978-987-3714-88-7

