

Síntesis de fibras PCL-Hueso y PCL-Carbonizado obtenidas por electrohilado para la remoción de Plomo (II) en solución acuosa.

Synthesis of PCL-Bone and PCL-Bonechar fibers obtained by electrospinning for the removal of Pb (II) from aqueous solution.

¹Beatriz Guadalupe Saucedo Delgado, ¹Nahum Andrés Medellín Castillo, ²Simón Yobbany Reyes-López, ³Roberto Leyva-Ramosc, ¹Selene Berber Mendoza Nicolas Alan Pérez Duran

1 Centro de Investigación y Estudios de Posgrado, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Av. Dr. Manuel Nava No. 8, Nuevo Edificio P Zona Universitaria, C.P. 78210, San Luis Potosí, S.L.P.

2 Instituto de Ciencias Biomédicas, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Envoltente del PRONAF y Estocolmo s/n, C.P. 32310, Ciudad Juárez, Chihuahua.

3 Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Av. Dr. Manuel Nava No. 8, Zona Universitaria, C.P. 78210, San Luis Potosí, S.L.P.

Palabras clave en español: Adsorción, electrohilado, pez pleco, plomo.

Key words: Adsorption, electrospinning, pleco fish, lead.

INTRODUCCIÓN

La capacidad de remover metales pesados del agua se ha vuelto una de las características más importantes para los materiales adsorbentes utilizados en el tratamiento de aguas, esto por las amenazas graves que presentan para la salud humana y para la calidad del agua en las descargas al medio ambiente. Para el tratamiento de agua contaminada con metales pesados se han empleado numerosas técnicas como la precipitación química, la floculación, el intercambio iónico, la filtración con membranas y la adsorción. De estas técnicas la adsorción ha sido estudiada ampliamente por su conveniencia operativa y por su rentabilidad (Kim, Kang, Kim, Shin, & Oh, 2019). El electrohilado es de las técnicas más efectivas y avanzadas utilizadas para la generación de fibras continuas con diámetros de hasta unos pocos nanómetros. Este proceso implica el uso de un alto voltaje para inducir la formación de un chorro de líquido que se solidifica evaporando el disolvente obteniendo fibras como resultado. Este proceso se puede ejecutar con polímeros naturales y sintéticos y se pueden generar aleaciones de polímeros, metales y cerámicas (Babar, Iqbal, Wang, Yu, & Ding, 2019). En este estudio se sintetizaron fibras del polímero policaprolactona (PCL)

agregándoles partículas de hueso (PCL-H) y de carbonizado de hueso (PCL-C) para su aplicación como adsorbentes de metales pesados. También, se utilizó el hueso y el carbonizado de hueso debido a su contenido de hidroxiapatita ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$), material que ha reportado alta capacidad de adsorción de metales pesados, baja solubilidad en agua, alta disponibilidad, bajo costo y alta estabilidad en condiciones de oxidación y reducción, así como buenas propiedades mecánicas. La materia prima utilizada para la obtención de los huesos y del carbonizado de hueso son los peces pleco pertenecientes a la especie *Pterygoplichthys* conocida también como peces pleco. Esta especie se encuentra en el listado de especies invasoras de SEMARNAT por sus impactos negativos en el medio ambiente como la muerte de algunas aves y el desplazamiento de especies como la tilapia (Mendoza Alfaro et al., 2009).

METODOLOGIA

Los peces pleco se recolectaron ejemplares en el municipio de Balancán, Tabasco. Posteriormente, fueron eviscerados y tratados con peróxido de hidrógeno para remover la toda la materia orgánica de los huesos. Para obtener el carbonizado de hueso, los huesos se sometieron a un proceso de pirólisis a una temperatura de 500°C . Después el hueso y el carbonizado de hueso fueron molidos hasta obtener un tamaño de partícula $<75\mu\text{m}$. Para la síntesis de las fibras se preparó una solución de policaprolactona al 5% p/v (PCL), donde se utilizó como solvente acetona. Luego a esa solución se le agregaron partículas de hueso (PCL-H) y partículas del carbonizado de hueso (PCL-C). Las soluciones preparadas fueron transferidas a jeringas de vidrio que a su vez fueron colocadas en una bomba de inyección Kd Scientific Legato 100. Las agujas fueron conectadas a una fuente de corriente directa Gamma High Voltage Research y se procedió a realizar el electrohilado de la solución con una distancia de 10 cm. Para la caracterización de los materiales obtenidos se determinaron las propiedades fisicoquímicas, de textura, el punto de carga cero y la morfología de los materiales mediante el método de Bohem, fisorción de nitrógeno, método de la deriva y microscopía electrónica de barrido respectivamente. Posteriormente se realizaron pruebas de adsorción de Pb (II) a diferentes pH de solución.

RESULTADOS Y DISCUSION

Las propiedades de textura y fisicoquímicas obtenidas de las fibras poliméricas PCL, PCL-H y PCL-C se muestran en la Tabla 1. Los resultados revelaron que las fibras de PCL no tiene un cambio significativo en su área específica al agregarle partículas de hueso o partículas de carbonizado de hueso. El diámetro promedio de las fibras según la clasificación de la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (por sus siglas en inglés IUPAC) pertenecen al grupo de materiales mesoporos por estar entre 2 y 50 nm. Se puede observar que al agregar las partículas de hueso y de carbonizado de hueso lo sitios ácidos de las fibras de PCL se reducen mientras que los sitios básicos aumentan. Aunque el hueso posee una mayor cantidad de sitios básicos las fibras con partículas de carbonizado de hueso presentaron una mayor cantidad debido a que en la superficie de las fibras hay más partículas de carbonizado que de hueso. El PCC es el valor de pH en el que las concentraciones negativas son iguales a las concentraciones positivas en la superficie del material. La carga superficial es negativa cuando el pH de la solución es mayor al PCC y la carga superficial es

positiva cuando el pH de la solución es menor al PCC (Sarma & Mahiuddin, 2014). Se puede observar que el punto de carga cero de las fibras de PCL no cambia de manera relevante cuando se les agrega partículas de hueso y de carbonizado de hueso. El ligero aumento encontrado del PCC en las fibras PCL-H y PCL-C se puede adjudicar a la limitada cantidad de partículas de hueso y de carbonizado de hueso. En la Figura 1 (a) (b) y (c) se muestran las fibras de PCL, PCL-H y PCL-C a 300× respectivamente. Se puede observar que el diámetro de las fibras de PCL no es homogéneo y el diámetro promedio de las fibras de PCL es de 1.8 μm , de las fibras PCL-H es de 3.5 μm y de las fibras PCL-C de 2.5 μm . Las capacidades de adsorción de Pb (II) sobre las fibras fueron determinadas a diferente pH (3, 4 y 5), T= 25 °C, volumen de 40 mL, concentración inicial de 200 mg/L y 0.05 g de material adsorbente, estas se muestran en la Figura 2. En ambas fibras se observó que la disminución del pH de la solución favorece la capacidad de adsorción del Pb (II) y que en un pH de solución de 3.0 alcanzaron la mejor capacidad de adsorción siendo esta de 13.0 y 23.6 mg/g para las fibras PCL-H y PCL-C, respectivamente. Dentro de los experimentos realizados, para saber el efecto del polímero PCL sobre la adsorción del Pb (II) como soporte de las partículas de hueso y de carbonizado de hueso se realizó una prueba de adsorción de Pb (II) para las fibras PCL con las mismas condiciones utilizadas para las fibras PCL-H y PCL-C a un pH de 3.0. La capacidad de adsorción de Pb (II) sobre las fibras PCL sin partículas de materiales adsorbentes resultó ser de 2.4 mg/g por lo que la capacidad de adsorción de Pb (II) de las fibras PCL-H y PCL-C puede adjudicarse a la presencia de las partículas de hueso y de carbonizado de hueso.

Tabla 1. Propiedades físicoquímicas y de textura de los materiales.

Material	Área específica (m ² /g)	Diámetro de Poro (nm)	Volumen de poro (cm ³ /g)	Sitios básicos (meq/g)	Sitios ácidos (meq/g)	PCC
PCL	2	12.75	0.0066	0.32	1.66	5.4
PCL-H	2	11.63	0.0063	0.57	1.40	5.9
PCL-C	2	11.11	0.0046	0.10	0.80	5.9

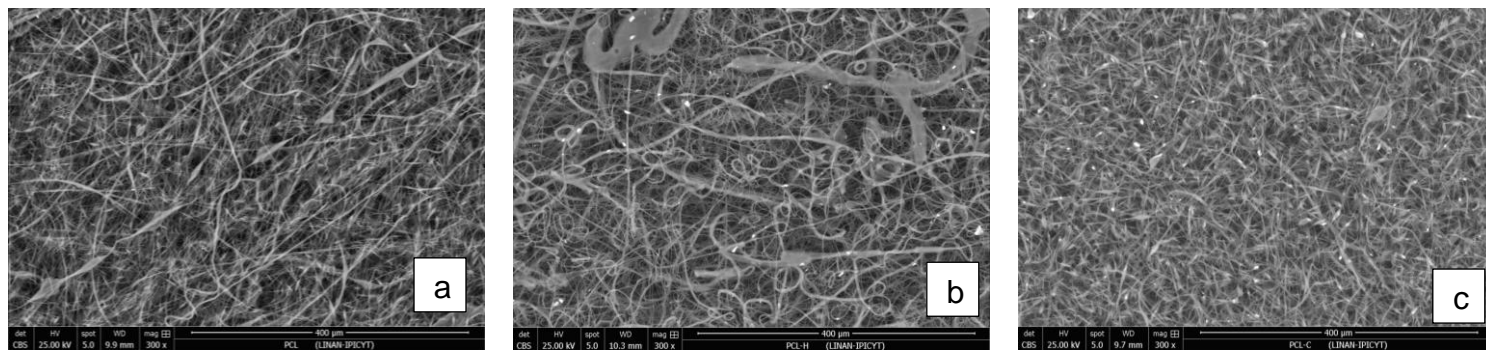


Figura 1. Fotomicrografías de las fibras PCL (a), PCL-H (b) y PCL-C a 300×.

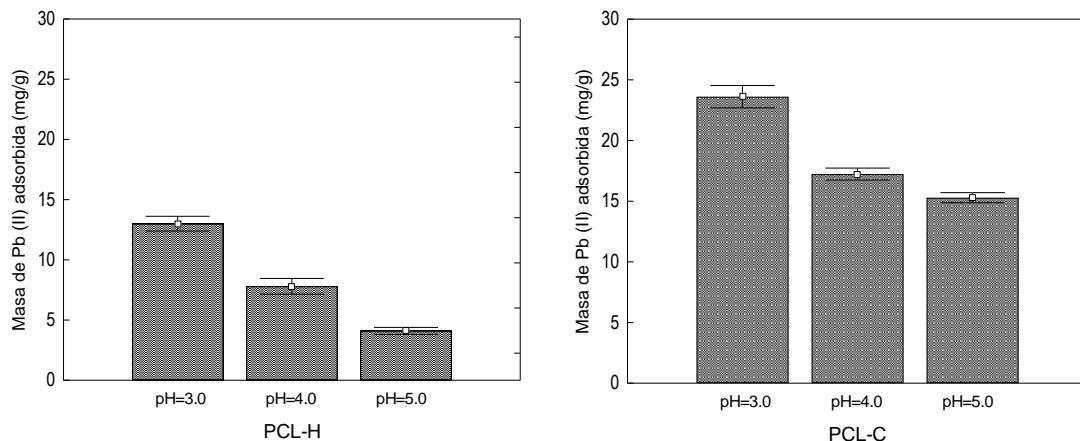


Figura 2. Pruebas de adsorción de Pb(II) sobre las fibras PCL-H y PCL-C.

CONCLUSIONES

A partir de los huesos de peces pleco y su carbonizado se obtuvieron fibras de PCL con partículas de hueso y de carbonizado por medio de la técnica de electrohilado. El área específica, el volumen de poros y el diámetro de poros de las fibras de PCL, PCL con partículas de hueso PCL-H y PCL se encuentra dentro de los valores reportados para fibras de PCL. Los poros predominantes en las tres fibras son los mesoporos. Los PCC de las fibras PCL, PCL-H y PCL-C son ácidos ya que la concentración de sitios ácidos es ligeramente mayor que la de los básicos. El diámetro promedio de las fibras PCL fue de 1.8 μm , para las fibras PCL-H de 3.5 μm y para las fibras PCL de 2.5 μm . En un pH de solución de 3.0 alcanzaron la mejor capacidad de adsorción siendo esta de 13.0 y 23.6 mg/g para las fibras PCL-H y PCL-C, respectivamente.

BIBLIOGRAFIA

- Babar, A. A., Iqbal, N., Wang, X., Yu, J., & Ding, B. (2019). Introduction and Historical Overview. In *Electrospinning: Nanofabrication and Applications* (pp. 3–20). Elsevier.
- Kim, J., Kang, T., Kim, H., Shin, H. J., & Oh, S.-G. (2019). Preparation of PVA/PAA nanofibers containing thiol-modified silica particles by electrospinning as an eco-friendly Cu (II) adsorbent. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 77, 273–279.
- Mendoza Alfaro, R. E., Cudmore, B., Courtenay, W. R., ... Ramírez Martín, C. (2009). *Directrices trinacionales para la evaluación de riesgos de las especies acuáticas exóticas invasoras*. (Comisión para la Cooperación Ambiental, Ed.). Montreal (Quebec) Canadá: Bibliothèque nationale du Québec,
- Sarma, J., & Mahiuddin, S. (2014). Specific ion effect on the point of zero charge of α -alumina and on the adsorption of 3,4-dihydroxybenzoic acid onto α -alumina surface. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 457, 419–424.