

“Residuos de la industria del Cannabis medicinal para descontaminar efluentes acuosos”

Balmaceda, Victoria ^a; Castilla, Josué ^{a,c}; Ramos, Pamela ^{b,c}; Pantano, Nadia ^{a,c}; Mamaní, Arminda ^{a,c}

^aInstituto de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, UNSJ, San Juan Argentina

^bINTELYMEC. CIFICEN (CONICET-UNCPBA-CICPBA-), Olavarría, Buenos Aires, Argentina

^cConsejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, San Juan, Argentina

mamani@unsj.edu.ar

Resumen

Cada año millones de toneladas de residuos son generados por la agroindustria mundial, cuya valorización para diversas aplicaciones es motivo de gran cantidad de estudios. En Argentina, recientemente se ha regulado el cultivo de *Cannabis* con fines medicinales y de cáñamo industrial. Su aplicación en el área de la salud implica solo el uso de la floración, dejando los tallos y hojas como residuos. Sólo durante 2020 se generaron 1754 toneladas de biomasa fresca o 520 toneladas de residuos secos que constituyen una excelente materia prima para la producción de carbones activados. El uso de adsorbentes para descontaminar aguas es una tecnología sencilla y de fácil aplicación. Este trabajo evalúa la aplicación de carbones activados producidos a partir del residuo de la industria del *Cannabis* medicinal en la eliminación de cobre y hierro de efluentes acuosos. Se sintetizaron los adsorbentes a partir de los restos de *Cannabis* (tallos y hojas), utilizando KOH como agente activante. Se obtuvieron 5 carbones bajo diferentes condiciones de activación. Luego se determinó el porcentaje de remoción de cobre y de hierro de cada adsorbente mediante ensayos batch a 20°C, 100 rpm de agitación durante 1 hora, con una concentración inicial de 50 ppm de cada metal. Finalmente se modeló la cinética de adsorción de los carbones con mejor desempeño utilizando modelos de 1° y 2° orden. Se logró remover como máximo 51% del cobre y 74% del hierro presente en las soluciones.

Palabras clave: *Cannabis*, carbón activado, metales, residuos agroindustriales, adsorción

INTRODUCCIÓN

La valorización de residuos agroindustriales es un tema emergente a nivel mundial debido al gran volumen de generación, bajo costo y su carácter renovable, además del potencial energético que representan. Estos residuos pueden ser transformados en productos con valor agregado, consiguiendo procesos productivos competitivos y sustentables. Los carbones activados de alta porosidad pueden ser obtenidos a partir de cualquier biomasa lignocelulósica y son aplicables a numerosos procesos, tales como adsorción, catálisis, almacenamiento energético, entre otros [1].

Existen principalmente dos vías de obtención de los carbones activados (CAs): física y química. Numerosos estudios reportan al KOH como un eficaz agente de activación química para producir carbones activados altamente porosos a partir de biomásas lignocelulósicas, tales como los residuos de *Cannabis* cultivado con fines medicinales. Características

inherentes a la ruta de procesamiento del adsorbente, como volumen y tamaño de poros, y grupos funcionales en la superficie, determinan el potencial de adsorción de los carbones activados y su aplicación [2]. Entre los usos más comunes de estos materiales porosos se encuentra la remoción de metales de efluentes acuosos en los tratamientos terciarios de potabilización y acondicionamiento de agua potable [3].

En Argentina, recientemente se ha regulado el cultivo de *Cannabis* con fines medicinales, lo que implica solo el uso de la floración, dejando los tallos y hojas como residuos. Durante el año 2020 se generaron 1754 toneladas de biomasa fresca, equivalente a 520 toneladas de residuos secos, que constituyen una excelente materia prima para la producción de carbones activados.

En este trabajo se presentan resultados del estudio llevado a cabo para valorizar los residuos del cultivo de *Cannabis*, mediante el desarrollo de carbones

activados de alta porosidad. Se emplea la ruta de activación química usando KOH como agente de activación. Para evaluar las propiedades de los productos obtenidos se determinaron la superficie específica, porosidad y la capacidad de adsorción de metales (hierro y cobre) de los carbones obtenidos.

OBJETIVOS

Este trabajo tiene como objetivo evaluar el comportamiento de carbones activados (CAs) producidos a partir del residuo de la industria del *Cannabis* medicinal en la remoción de cobre y hierro de efluentes acuosos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El material de partida seleccionado fueron hojas y tallos de *Cannabis sativa* L (C) cedidos por CANME San Juan Sociedad del Estado. El residuo fue caracterizado a través de su análisis próximo, realizado siguiendo las normas ASTM D 4442-92, ASTM D 1102-84 y ASTM E 872-82, para contenido de humedad, cenizas y volátiles, respectivamente.

La carbonización de los residuos de biomasa se realizó en un horno eléctrico de acero inoxidable ($4^{\circ}\text{C min}^{-1}$, desde temperatura ambiente hasta 500°C , $t_R=2\text{h}$, en ausencia de oxígeno). Los biocarbones obtenidos se impregnaron con una solución de KOH (80 % p/p) en diferentes relaciones de impregnación (IR) (ver tabla 1). Esta mezcla se deshidrató en la estufa a $105\pm 1^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas. Las muestras impregnadas y secas se transfirieron a un reactor cilíndrico de acero inoxidable y se trataron térmicamente a 850°C en atmósfera inerte autogenerada, durante un tiempo variable de 1 a 3 horas. Los CAs obtenidos (etiquetados como C1, C2, C3, C4 y C5) se lavaron con agua destilada hasta pH neutro y se secaron en estufa durante 24 horas.

El porcentaje de remoción de cobre y de hierro de cada adsorbente se determinó mediante ensayos batch a 20°C , 100 rpm de agitación durante 1 hora, con una concentración inicial de 50 ppm de cada metal y una relación S/L de 1 a 1.

Para el estudio de la cinética de adsorción de los carbones con mejor desempeño se prepararon suspensiones con las mismas relaciones sólido líquido y concentraciones de metales en solución. En este caso

se tomaron muestras a distintos tiempos intermedios antes de que se establezca el equilibrio. Los datos experimentales obtenidos fueron ajustados utilizando modelos de pseudo 1° y 2° orden.

RESULTADOS

El análisis próximo de Cannabis indicó que el material es apto para su uso como precursor de carbón activado. Los valores obtenidos de cada parámetro medido fueron: humedad 7.56%, cenizas 15.98%, materia volátil 67.19% y carbono fijo 9.27%.

La **Tabla 1** muestra las condiciones de activación de cada muestra junto al área superficial específica y volumen total de poros y de microporos, obtenidos a partir de la isoterma de adsorción de nitrógeno.

La **Tabla 2** presenta los resultados de los ensayos de adsorción llevados a cabo para seleccionar el mejor CA para la remoción de cada metal.

Tabla 1. Condiciones de activación de propiedades texturales de carbón activado de Cannabis.

CAs	Tiempo (min)	RI (g KOH/g carbon)	Área BET (m^2/g)	% microporos	Vol. total poros (cm^3/g)
C1	120	1.5	1410	81	0.61
C2	120	3	2443	84	1.04
C3	120	4.5	1035	79	0.53
C4	60	3	720	77	0.34
C5	180	3	1018	78	0.48

Tabla 2. Remoción porcentual de Fe y Cu con carbón activado de Cannabis.

Muestra CA	Remoción Cu (%)	Remoción Fe (%)
C1	51.54	14.52
C2	29.77	74.11
C3	0.38	39.92
C4	1.71	29.50
C5	1.53	36.98

En la **Figura 1** se presentan las curvas correspondientes al estudio cinético de la adsorción de

cobre y de hierro sobre los carbones activados que mostraron más alta remoción (C1 y C2).

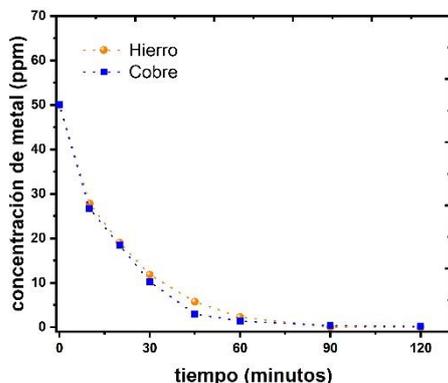


Figura 1. Adsorción de hierro (línea discontinua) en el CA C2 y de cobre (línea continua) en el CA C1.

El ajuste de los modelos cinéticos para el cobre en el carbón C1 fueron 98.66% para el pseudo primer orden y 99.34% para el pseudo segundo orden, mientras que para hierro en C2 los datos cinéticos ajustan en un 99.26% con el modelo de pseudo primer orden y con 99.82% para el pseudo segundo orden.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Del análisis próximo del material se desprende que el mismo tiene buenas propiedades para ser usado como precursor de carbones activados.

Los parámetros texturales de los carbones indicaron buen desarrollo de porosidad para tiempos de activación de 120 minutos o más. El porcentaje de microporosidad, se encontró por encima del 77% en todos los casos.

La retención de hierro fue, en términos generales, mejor que la de cobre. Esta diferencia de remociones más altas de hierro puede estar relacionada con el menor tamaño de radio iónico del Fe^{++} comparado al del Cu^{++} y la microporosidad de los CAs. La muestra C1 fue la que más adsorbió cobre en las pruebas batch realizadas mientras que la C2 fue la que tuvo mejor desempeño frente al hierro.

En ambos casos el equilibrio de adsorción se estableció rápidamente, alcanzando las condiciones estables a los 90 minutos de contacto, con valores de

remoción superiores al 95%. Tanto para el hierro como para el cobre la cinética se ajusta mejor al modelo de pseudo segundo orden.

Este trabajo permite concluir que los carbones activados obtenidos a partir de residuos de *Cannabis sativa* L. con buenas propiedades texturales y con alto porcentaje de microporosidad, poseen buena capacidad de adsorción de iones metálicos, particularmente hierro y cobre, por lo que se propone como un buen adsorbente para la descontaminación de agua potable en tratamientos terciarios.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Mariana, M., HPS, A. K., Mistar, E. M., Yahya, E. B., Alfatah, T., Danish, M., & Amayreh, M. Recent advances in activated carbon modification techniques for enhanced heavy metal adsorption. *Journal of Water Process Engineering*. 43 (2021) 102221. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2021.102221>.
- [2] P. González-García. Activated carbon from lignocellulosic precursors: A review of the synthesis methods, characterization techniques and applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 82 (2018) 1393-1414. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.04.117>.
- [3] Revellame, E. D., Fortela, D. L., Sharp, W., Hernandez, R., & Zappi, M. E. Adsorption kinetic modeling using pseudo-first order and pseudo-second order rate laws: A review. *Cleaner Engineering and Technology*, 1 (2020) 100032. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2020.100032>.