

Propiedades Adsorptivas del Carbón Activado Obtenido a partir de Bagazo de Agave y Cascarán de Huevo

PABLO M. PÉREZ-MACEDO, SUSANA E. HERNÁNDEZ-ARRAZOLA, LAURA V. AQUINO-
GONZÁLEZ, P. FELIPE DE JESÚS CANO-BARRITA, ALEJANDRA ROJAS-OLIVOS*.

Resumen. — *Los residuos orgánicos y el bagazo de maguey han sido reportados como materias primas importantes para realizar compostaje debido a su capacidad para aumentar el contenido de carbón orgánico. El carbón activado (CA) es un material capaz de adsorber colorantes y sustancias contaminantes, su capacidad de adsorción depende del contenido de carbón orgánico del material del cual provenga. En este trabajo se determinaron las propiedades adsorptivas del CA obtenido por activación fisicoquímica a partir del bagazo de agave (CAB) y cascarón de huevo (CAH) mediante microfotografías comparativas y pruebas de absorbancia colorimétrica por espectrofotometría UV-VIS. Los resultados demostraron que el CAB tiene características de porosidad semejantes a las del CA comercial y que disminuye en un 95% la concentración inicial de naranja de metilo en comparación con CAH el cual disminuye sólo el 56% de la concentración inicial del mismo colorante. Debido a lo anterior es posible considerar al CAB como un adsorbente potencial de colorantes y sustancias contaminantes.*

Palabras clave: *activación, adsorción, carbonización, carbón vegetal, residuos orgánicos.*

I. INTRODUCCIÓN

El carbón activado (CA) es un material poroso con alta capacidad de adsorción de colorantes y sustancias contaminantes, es obtenido generalmente a partir de diferentes materias primas con alto contenido de carbono mediante un proceso de activación térmica [1] puede llegar a desarrollar áreas superficiales con elevada capacidad de adsorción dependiendo del material del cual sea obtenido. Es el adsorbente más utilizado para el tratamiento de agua y otros contaminantes debido a su capacidad para adherir los componentes presentes en el adsorbato que se encuentra en contacto con él [2]. Se ha documentado que los mejores precursores para la obtención de carbón activado son materia prima orgánica, debido a su elevado contenido de carbono [3]. De acuerdo con la Secretaría de Desarrollo Social [4] México desecha anualmente 22.07 millones de toneladas de residuos orgánicos, el estado de Oaxaca es responsable del 2.19% equivalente a 921.62 mil toneladas. En la actualidad la mayor parte de los residuos orgánicos son vertidos en rellenos sanitarios, tiraderos a cielo abierto y sitios controlados, solo una pequeña parte de los mismos son utilizados en procesos de reciclaje los cuales no son suficientes para transformar todos estos residuos orgánicos en materias útiles, por ello

surge la necesidad de innovar, investigar y aprovechar todos los residuos orgánicos disponibles, los cuáles son generalmente usados como materias primas importantes para realizar compostaje debido a su capacidad para aumentar el contenido de carbono orgánico [5]. Se han reportado resultados favorables en la caracterización de CA a partir de la fibra de coco y otras especies de agave debido a su elevada adsorción de contaminantes en el tratamiento de aguas residuales [6]. El CA funciona en distintas formas: filtro físico, reactivo activo, catalizador, adsorción y absorción química específica cuando el CA es impregnado de químicos específicos. Las propiedades adsorbentes moleculares del CA resultan de la interacción de fuerzas de atracción que existen entre los átomos que componen las paredes de nanoporos (o espacios de adsorción) y moléculas de contaminantes solubles en agua a nivel atómico. Su gran capacidad de adsorción resulta de redes porosas complejas, tridimensionalmente contorneadas, interconectadas en granos de CA. El área superficial interna del carbón activado y el volumen de los poros son varias veces el área de superficie externa y el volumen de los propios granos [7]. Oaxaca es un estado productor de mezcal importante en el país, su proceso de producción genera anualmente 122,696 toneladas del bagazo de *Agave angustifolia* Haw. como desecho, es la fibra residual que queda después de cocinar, moler y extraer el jugo fermentable de la piña de agave, derivado del proceso de fermentación alcohólica para la obtención de mezcal y tequila, teniendo como componente principal materiales lignocelulósicos [6], el cascarón de huevo generado en grandes cantidades por la industria restaurantera también es una importante fuente de materia orgánica que no tiene adecuada disposición final debido a su lenta degradación [8]. Este proyecto tiene como objetivos obtener carbón activado a partir de bagazo de agave (CAB) y cascarón de huevo (CAH) y determinar su capacidad de adsorción en comparación con el carbón activado comercial (CAC).

PABLO PÉREZ-MACEDO (1pablopermac@gmail.com) pertenece a la carrera LIC. en ING. AMBIENTAL de la Escuela de Ingenierías y Arquitectura de la Universidad La Salle Oaxaca. El proyecto fue asesorado por la M. en C. Susana Edith Hernández Arrazola, M. en C. Laura Victoria Aquino González, Dr. Felipe de Jesús Cano-Barrita y M. en C. Alejandra Rojas Olivos (*rojasolivos@hotmail.com).

II. METODOLOGÍA

II.1 OBTENCION DE CARBON ACTIVADO

El bagazo de agave se obtuvo como desecho proveniente de la producción artesanal de mezcal y el cascarón de huevo se obtuvo como residuo de las cocinas de gastronomía de la Universidad La Salle Oaxaca, posteriormente cada muestra se lavó, secó y trituro de manera independiente, después se sometieron a carbonización durante una hora a 700°C en una mufla con control analógico modelo CIVEQ K-25 para obtener carbón vegetal (CV), la activación química se llevó a cabo colocando cada residuo carbonizado en una solución de H₃PO₄ al 85% durante 16 horas, después se colocaron en una estufa a 110°C durante tres horas, posteriormente se sometieron a 450°C durante una hora más para terminar el proceso de activación química. Para finalizar cada residuo se lavó con agua destilada caliente y con NaOH 1M hasta ajustar el pH entre 6.5 y 7, el CA obtenido fue secado, pulverizado y tamizado a través de una malla #80 y se almacenó a temperatura ambiente hasta su evaluación.

II.2 DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ADSORTIVAS DEL CARBON ACTIVADO OBTENIDO

Para realizar las pruebas de adsorción previamente se prepararon soluciones de concentración conocida de naranja de metilo desde 0.2 hasta 24 mg/L y se determinaron los valores de absorbancia por el método de curva de calibración en un espectrofotómetro UV-VIS modelo VE-5100UV. Se colocaron 0.5 g de CAB, CAH y CAC por separado en 25 mL de solución de naranja de metilo 20 mg/L, sometiéndose a calentamiento y agitación durante 60 segundos, las soluciones filtradas se dejaron enfriar a temperatura ambiente para posteriormente determinar su absorbancia, este procedimiento se realizó por triplicado. Cada muestra de CA obtenido fue analizada en un microscopio electrónico de barrido JEOL modelo JSM-IT300LV, para observar las diferencias entre la porosidad de cada muestra.

II.3 ANÁLISIS DE DATOS

Los resultados obtenidos de las pruebas de adsorción se presentan como la media \pm DS. Los datos fueron evaluados usando el software Excel 16.0. La significancia estadística fue determinada con un análisis de varianza y una prueba t-Student fue usada para determinar las diferencias entre las muestras. El nivel de significancia fue $P < 0.05$.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

III.1 CANTIDAD MÁXIMA DE CV Y CA OBTENIDO

La Tabla 1 muestra el rendimiento obtenido después de la carbonización y posterior al proceso de activación y

lavado de las muestras, la diferencia entre los rendimientos se debe principalmente a la composición estructural de ambas muestras, el cascarón de huevo tiene como componente principal CaCO₃ mineral que representa aproximadamente el 94% de su peso total, a diferencia del bagazo de agave que tiene como componente estructural materiales lignocelulósicos los cuales contienen en promedio de 70 a 90% de agua en su estructura.

Tabla 1.

Rendimiento obtenido por cada tipo de residuo

Muestra	g iniciales	g de CV	g de CA
Bagazo de Agave	50	10.6 (21.2%)	7.62 (15.24%)
Cascarón de Huevo	114	104 (91.2%)	98 (85.9%)

CV: Carbón Vegetal, CA: Carbón Activado.

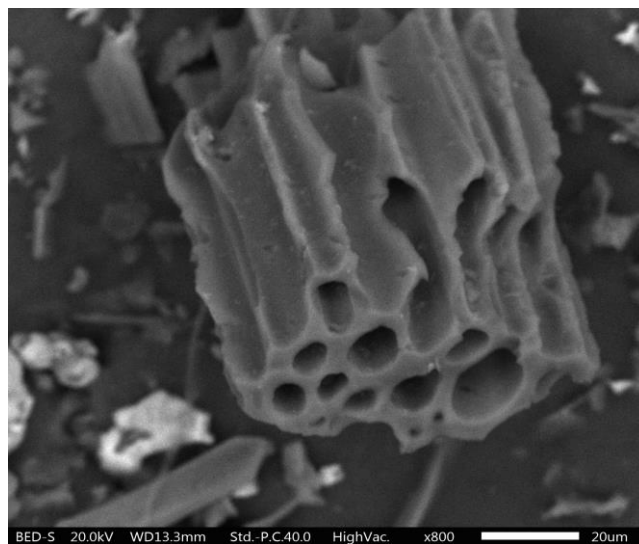


Figura 1. Superficie de carbón activado comercial (CAC)

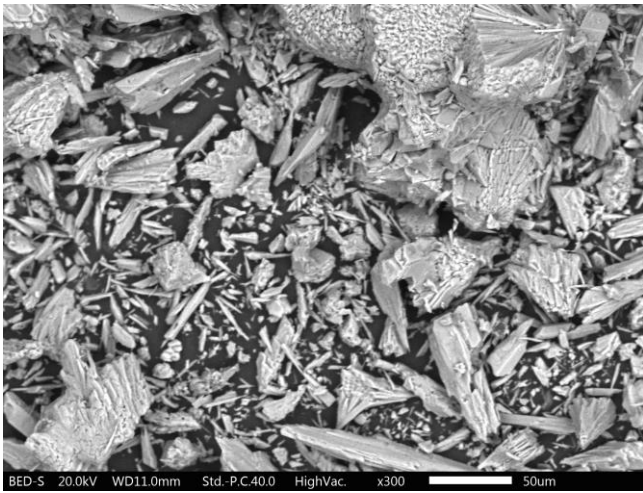


Figura 2. Superficie de carbón activado de bagazo de agave(CAB)

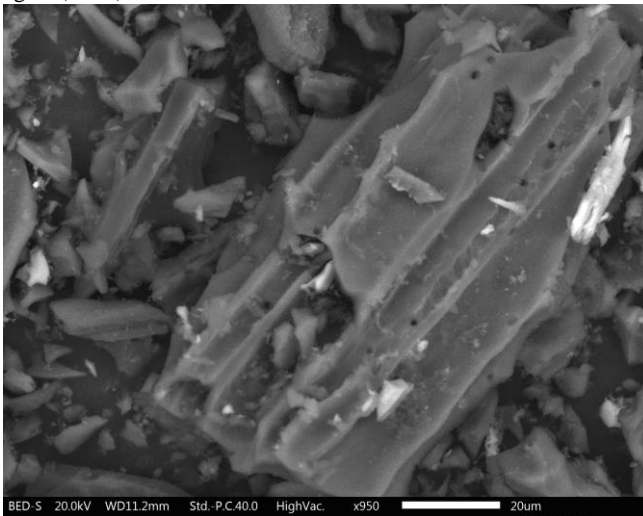


Figura 3. Superficie de carbón activado de cascarón de huevo (CAH)

III. 2 PROPIEDADES ADSORTIVAS DE CAC, CAB Y CAH.

En la Fig. 2 se observa la microestructura desarrollada en el CAB, después del proceso de activación, la cual fue analizada por microscopia electrónica de barrido, demostrándose la presencia de una superficie fracturada con poros de forma esférica similares a los del CAC (Fig.1) sin embargo en comparación con la Fig. 3, el CAH no demuestra el desarrollo de una porosidad visible en las micrografías analizadas resultando en superficies compactas y por lo tanto en la baja adsorción de naranja de metilo, demostrandose así la ventaja en la formación de la porosidad en CAB debido a la materia prima lignocelulósica de la cual proviene.

En la Figura 4. se indica cada una de las concentraciones de la solución filtrada obtenida en cada prueba de adsorción de naranja de metilo según el tipo de carbón activado **a**:CAC, **b**:CAB y **c**:CAH. Como se puede observar en **d** se tiene la concentración inicial de 20mg/L de la solución de naranja de metilo. Los filtrados a, b y c. presentan una disminución de la concentración inicial, en un 98.5%, 95% y 56% respectivamente. El promedio de la concentración y absorbancia de cada carbón obtenido (Tabla 2) junto con la prueba estadística indican que existe una diferencia significativa entre la concentración de colorante no adsorbido por el CAH y el CAC, esto se debe a la presencia de minerales en la superficie del CAH (Figura 3). Sin embargo entre CAB y CAC (Tabla 2) no existe diferencia significativa, se puede suponer según CAC y CAB tienen estructuras y propiedades adsortivas similares (Figuras 1 y 2), por lo tanto, tiene potencial de ser considerado como una alternativa para la remoción de contaminantes o en diversos procesos de purificación.

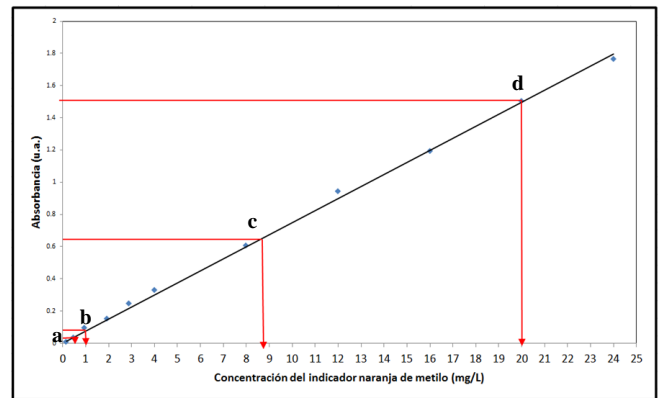


Figura 4. Comparación de las pruebas de adsorción de naranja de metilo de CAB:carbón activado de bagazo (b) y CAH:carbón activado de cascarón de huevo (c) en comparación con el CAC: carbón activado comercial (a) y la concentración inicial del colorante (d)

Tabla 2.

Absorbancia y concentración promedio de colorante no adsorbido por cada tipo de carbón activado

Parámetro	CAC	CAB	CAH
Absorbancia promedio (u.a.)	0.006±0.0005	0.09±0.0005	0.647±0.001 ^a
Concentración (mg/L)	0.3±0.005	1±0.005	8.8±0.001 ^a

Los valores representan la media ± DS, los valores con superíndice “a” indican diferencia significativa como lo reveló la prueba t-Student, ^aP < 0.05.

IV. CONCLUSIONES

El bagazo de agave mediante un proceso adecuado de calcinación y activación, se convierte en una materia prima potencial para obtener carbón activado con capacidad adsorbente similar a la del CAC. El método de obtención de carbón activado implementado en este trabajo, es el óptimo para la transformación de residuos de bagazo de agave debido a su porcentaje de carbono fijo generado durante el procedimiento sin embargo la composición estructural del cascarón de huevo dificultó la generación de carbón fijo para obtener las propiedades adsorptivas similares a las de CAC. Por lo tanto este proyecto se puede considerar como una propuesta para el aprovechamiento alternativo y disminución de residuos orgánicos de bagazo de *Agave angustifolia* Haw.

AGRADECIMIENTOS

Al CIIDIR-IPN Unidad Oaxaca por las facilidades otorgadas para la realización de los análisis en el Laboratorio de Materiales y al M.en C. Frank Manuel León Martínez por su apoyo durante la comparación de las muestras en el microscopio electrónico de barrido.

V. REFERENCIAS

- [1] Phan N.H., Rio S., Faur C., Le Coq L., Le Cloirec P., Nguyen T.H., 2006. Production of fibrous activated carbons from natural cellulose fibers for water treatment applications. *Carbon* 44, 2569-77.
- [2] Bhatnagar A., Hogland W., Marques M., Sillanpää M., 2013. An overview of the modification methods of activated carbon for its water applications. *Chemical Engineering Journal* 219, 499-511.
- [3] Hidayu A.R., Muda N., 2016. Preparation and characterization of impregnated activated carbon from palm kernel shell and coconut shell for CO₂ capture. *Procedia Engineering* 148, 106-113.
- [4] Dirección General de Equipamiento e infraestructura e zonas marginadas SEDESOL, México 2013.
- [5] Martínez-Gutiérrez G.A., Iñiguez-Covarrubias G., Ortiz-Hernández Y.D., López-Cruz J.Y., Bautista-Cruz M.A., 2013. Tiempos de apilado del bagazo de maguey mezcalero y su efecto en las propiedades del compost para sustrato de tomate. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 29 (3), 209-16.
- [6] Tan I.A.W., Ahmad A.L., Hameed B.H., 2008. Optimization of preparation conditions for activated carbons from coconut husk using response surface methodology. *Chemical Engineering Journal* 137, 462-70.
- [7] Nowicki H., Schuliger W., Nowicki G., Sherman B., 2016. Principios y Prácticas del Uso de Carbón Activado para Aplicaciones de Agua Potable. PACS Activated Carbon Services Inc.
- [8] Olivares-Martínez & Guevara-García., Uso de Cascarón de Huevo y Aserrín para la obtención Simultánea de CaO y Carbón Activado para Catalizadores y Tratamiento de Aguas Residuales. Universidad Autónoma de Tlaxcala. 2014.