

Obtención de carbón activado a partir de tusa de maíz y evaluación de su eficiencia en el tratamiento de aguas residuales de la industria lechera

Activated coal retrieval from corn cobs and its efficiency assessment in treating wastewater from the dairy industry

JENNY PAOLA CHAVES CONTRERAS¹ - MARÍA PAULINA VILLEGAS DE BRIGARD²

1. Magíster en Ingeniería Civil de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

2. Magíster en Ciencias y Técnicas del Agua. Profesora titular de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

jenny.chaves-c@mail.escuelaing.edu.co - maria.villegas@escuelaing.edu.co

Recibido: 20/06/2019 Aceptado: 28/06/2019

Disponible en http://www.escuelaing.edu.co/es/publicaciones_revista

Resumen

En Colombia se generan actualmente alrededor de 11,6 millones de toneladas de residuos sólidos al año¹, de los cuales podría aprovecharse entre el 40 y 80 %; sin embargo, el porcentaje de reciclaje y aprovechamiento es aún muy bajo. Por otra parte, las fuentes hídricas son incapaces, por sí mismas, de absorber y neutralizar la elevada carga contaminante de las aguas residuales de la industria; por eso se busca constantemente la optimización de los procesos de tratamiento para remover o reducir los contaminantes. En el presente trabajo se evalúa el uso de carbón activado –obtenido a partir de tusa de maíz– en el tratamiento de aguas residuales de la industria láctea, a escala de laboratorio. Para tal fin, se emplearon tres tipos de carbón: un carbón artesanal de tusa de maíz, elaborado en laboratorio, y dos comerciales –uno de origen mineral y otro de origen vegetal–. Se hicieron ensayos de cocheda mediante un aparato de jarras, manteniendo una agitación constante a lo largo de cada ensayo. La eficiencia del tratamiento se evaluó a través de análisis físicos y químicos. Los resultados obtenidos mostraron remociones adecuadas de materia orgánica con el carbón de tusa y el carbón mineral, lo cual los convierte en una opción para el tratamiento de aguas residuales. Con el carbón de tusa se lograron remociones similares a las del carbón mineral, lo que demuestra que la tusa de maíz es una posible fuente de elaboración de carbón activado.

Palabras claves: aguas residuales, tratamiento de agua, industria láctea, carbón activado, tusa de mazorca .

Abstract

Colombia generates around 11.6 million tons of solid waste a year, between 40% and 80% can be repurposed; however, recycling and repurposing percentages are still low. On the other hand, hydric sources are unable, on their own, to absorb and neutralize the high polluting load coming from industries' wastewater; as a result, there is a constant search for optimized treatment processes, either to remove or to reduce contaminants.

In this paper, the use of activated coal is assessed – retrieved from corn cobs- in treating wastewater from the dairy industry, at the lab scale. To this end, three types of coal were used: one obtained from corn cobs (laboratory made) and two commercial versions (one mineral and the other vegetal). Casting tests were made through a jar device, keeping a constant stirring throughout each test. Treatment efficiency was assessed through physical and chemical analyses. Obtained results showed adequate organic matter removal with corn-cob coal and mineral coal, which turns them into an option to treat wastewater. Corn-cob coal showed similar results to mineral coal, showing that corn cobs are a possible source to produce activated coal.

Keywords: wastewater, water treatment, dairy industry, activated coal, corn cob:

1. Departamento Nacional de Planeación (DNP).

INTRODUCCIÓN

Las aguas residuales provienen de casi todas las actividades humanas realizadas con agua y sus niveles de contaminación crecen, al igual que la demanda de agua en el mundo. El problema principal de las aguas residuales es su vertimiento en el medio ambiente sin un adecuado tratamiento; la falta de manejo de otras aguas genera daños en el medio ambiente y en la salud humana, por lo que resulta indispensable la búsqueda continua de soluciones para su control.

La industria láctea genera gran cantidad de aguas residuales, concentrando en éstas la mayor cantidad de contaminantes originados en sus procesos. En Colombia se estima una generación anual de casi 14.000 millones de litros de aguas residuales industriales sólo para la producción de leche procesada (Minagricultura, 2016).

En varios estudios realizados a escala mundial se demuestra la viabilidad técnica de usar carbón activado como método de tratamiento de aguas residuales. El carbón activado se presenta como una alternativa viable para el tratamiento de aguas residuales mediante el proceso de adsorción debido a sus propiedades físicas, tales como un área superficial específica muy grande y microporosidad elevada. Según Rouquerol, el término “carbón activado” se refiere a carbones muy porosos producidos a partir de materiales ricos en carbono, mediante diversas formas de activación química o física (José Carriazo, 2010).

Prácticamente, cualquier material orgánico con proporciones elevadas de carbono podría ser apto para transformarlo en carbón activado. Los carbones activados industrialmente pueden provenir de cortezas de almendras, cáscara de coco, turba, petróleo, brea, palmeras u otras maderas, y carbón mineral. Los factores que se deben tener en cuenta para elegir un material de partida adecuado son buena disponibilidad y bajo costo.

En Penang (Malasia), Foo et al. evaluaron la cinética del carbón activado elaborado con semillas de tamarindo y demostraron la viabilidad técnica para el empleo de este tipo de carbón en la remoción de materia orgánica. En otro estudio, liderado por Velásquez, se indicó que se puede obtener carbón activado de las cáscaras de coco llevando a cabo un proceso físico-químico. Estos proyectos demuestran que a partir de residuos orgánicos se puede producir carbón activado mediante procesos físicos y químicos, y que sus propiedades permiten remover materia orgánica.

La tusa del maíz es un residuo que no representa ningún valor para los cultivadores, por lo cual generalmente se quema a cielo abierto, convirtiéndose en un problema de contaminación del aire. Esta situación, aunada a los esfuerzos por reducir los residuos generados por la actividad humana, lleva a buscar una solución para el aprovechamiento de la tusa; una solución es la producción de carbón activado.

Para establecer la eficiencia del carbón de tusa en la remoción de materia orgánica se realizaron ensayos con éste y otros dos tipos de carbón activado, con el fin de tratar un agua residual de la industria lechera.

La ejecución de este proyecto es un aporte novedoso a los estudios de tratamiento de aguas residuales, puesto que contribuye con resultados experimentales al análisis de la viabilidad técnica de aprovechar un residuo, como la tusa de mazorca, y de utilizar carbón activado en el tratamiento de las aguas residuales de la industria lechera.

RESULTADOS

La eficiencia del carbón obtenido se evaluó comparándolo con dos carbones comerciales, uno de origen mineral y otro vegetal, aplicados sobre muestras de agua residual de la industria lechera, con diferentes dosis y diferentes tiempos de contacto. La eficiencia del tratamiento se estableció a partir de la remoción de parámetros como el color, la DBO, la DQO y los sólidos totales y suspendidos.

El carbón vegetal comercial no presentó buenos resultados en ninguno de los ensayos, por lo cual se descartó y no se incluyen sus resultados.

Obtención de carbón activado

El carbón activado de tusa de maíz se obtuvo mediante un proceso físico de secado para reducir la humedad, carbonización a temperatura superior a 500 °C y activación a temperatura superior a 900 °C en presencia de vapor de agua. La granulometría promedio del carbón obtenido se presenta más adelante (tabla 1).

Absorbancia

La absorbancia se determinó a través de las muestras a tres longitudes de onda diferentes: 436, 525 y 620 nm.

Igualmente, se presentan los resultados obtenidos a una longitud de onda de 525 nm. El comportamiento en el tiempo, para las otras dos longitudes de onda, es similar (figura 1).

Tabla 1
Granulometría del carbón de tusa

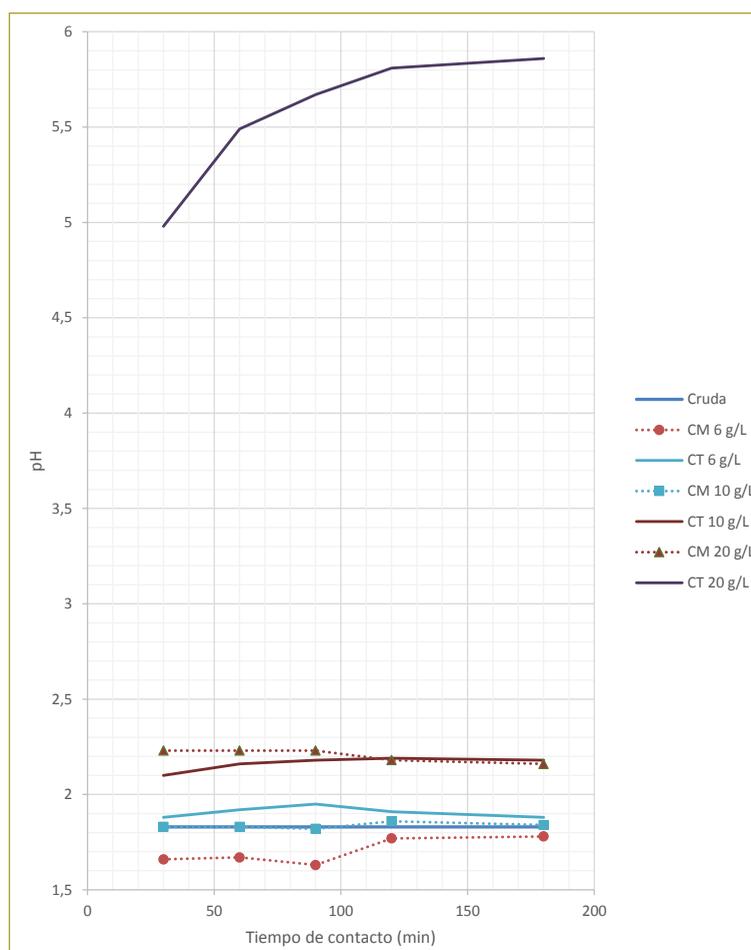
Malla N.º	% de carbón retenido	% de carbón que pasa
20	0,0	100,0
40	10,9	89,1
50	6,1	83,0
60	5,7	77,3
80	6,6	70,7
100	35,7	35,0
200	26,5	8,5

Por cada kilogramo de tusa de maíz se obtuvieron 120 g de carbón activado.

Se puede observar que las dosis de 20 g/L de carbón de tusa, y 10 y 20 g/L de carbón mineral, logran una reducción significativa de absorbancia, incluso con tiempos de contacto de 30 minutos.

pH

El comportamiento del pH a lo largo de los ensayos se puede observar a continuación (figura 2).



CM: carbón mineral; CT: carbón de tusa.

Figura 2. Comportamiento del pH.

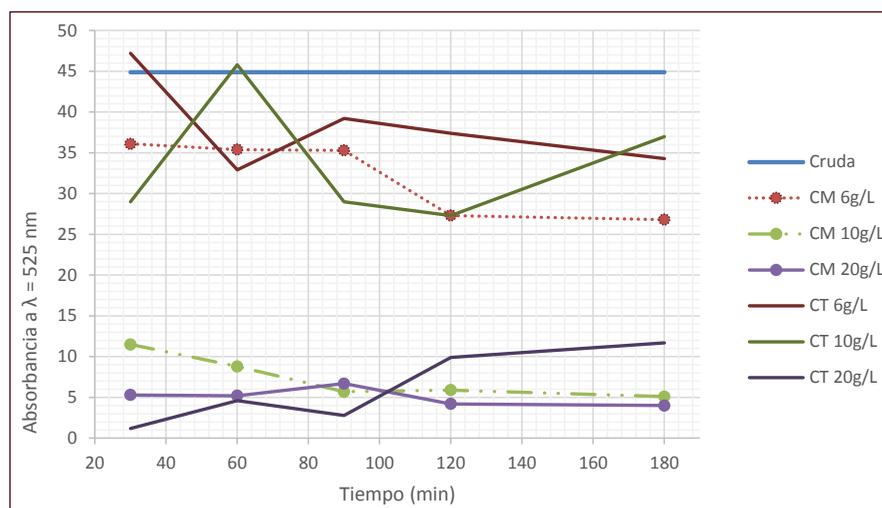


Figura 1. Comportamiento de la absorbancia/m a $\lambda = 525$ nm.

Se puede observar una ligera variación en el pH para las diferentes dosis, con excepción de la de 20 g/L de carbón de tusa, en la que aumentó considerablemente.

DQO

La remoción de materia orgánica, medida a través de la DQO, se determinó sobre muestras tratadas con dosis de 20 g/L, tanto para el carbón mineral como para el carbón de tusa, con tiempos de contacto de 30 y 180 minutos². A renglón seguido se presentan las eficiencias de remoción obtenidas (tabla 2).

Tabla 2
Remoción de DQO

Tipo de carbón usado	Tiempo de contacto (min)	DQO (mg/L)	Eficiencia de remoción (%)
Agua residual cruda	--	4660	---
Carbón de tusa	30	3107	33,3
Carbón mineral		2330	50,0
Carbón de tusa	180	777	83,3
Carbón mineral		1553	66,7

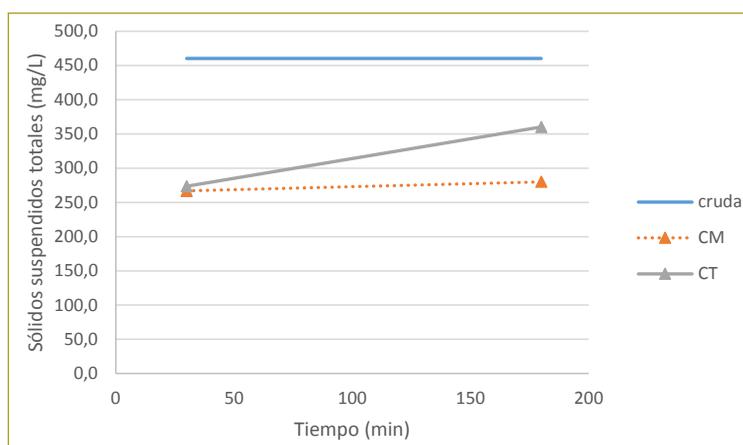
A mayor tiempo de contacto se obtienen mejores porcentajes de reducción, tanto para el carbón de tusa como para el carbón mineral

Sólidos suspendidos

En las figuras siguientes se presentan los resultados de los sólidos suspendidos totales y volátiles, correspondientes a dosis de 20 mg/L de carbón activado y tiempos de contacto de 30 y 180 minutos (figuras 3 y 4).

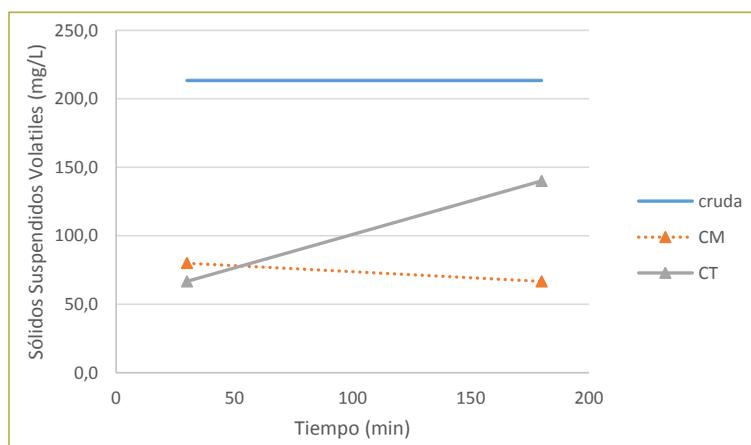
Así mismo, se resumen los resultados obtenidos al tratar el agua residual de la industria lechera con los dos tipos de carbón activado, con dosis de 20 g/L y tiempo de contacto de 180 minutos (tabla 3).

2. De los resultados de color obtenidos, se escogieron las dos mejores dosis para hacer los análisis de remoción de materia orgánica presente en la muestra.



CM: carbón mineral; CT: carbón de tusa.

Figura 3. Comportamiento de los sólidos suspendidos totales.



CM: carbón mineral; CT: carbón de tusa.

Figura 4. Comportamiento de los sólidos suspendidos volátiles.

CONCLUSIONES

- El carbón activado obtenido a partir de la tusa de maíz demostró una buena remoción de materia orgánica medida en términos de DQO, con dosis de 20 g/L y tiempo de contacto de 180 minutos.
- La tusa de maíz es considerada un desecho; sin embargo, se evidenció que es una posible fuente para elaboración de carbón activado mediante activación física, así como un recurso de bajo costo para la industria que fabrica carbones activados.
- La metodología usada en la elaboración y activación del carbón a partir de tusa de maíz es técnica y económicamente viable.

Tabla 3
Resultados generales

Parámetro	Agua residual cruda	Agua residual tratada		Eficiencia	
		Carbón de tusa	Carbón mineral	Carbón de tusa (%)	Carbón mineral (%)
DQO (mg/L)	4660	777	1553	83	67
SST (mg/L)	460	360	280	22	39
SSV (mg/L)	213	180	140	16	34
Color (absorbancia)	$\lambda = 436$	49,8	12,7	4	74
	$\lambda = 525$	44,9	11,7	4	74
	$\lambda = 620$	42,3	10,9	4.1	74

- Se puede estudiar el comportamiento del carbón activado con dosis mayores para analizar su comportamiento y posibilidad de disminuir los tiempos de contacto.
- Es necesario continuar evaluando la influencia del carbón activado en la variación del pH
- La recuperación y regeneración del carbón activado utilizado, de ser un proceso viable, permitirá disminuir los costos de operación del sistema de adsorción empleado.
- Los resultados obtenidos sugieren que el carbón activado obtenido de la tusa de maíz, al igual que otros carbones activados, puede ser una alternativa de tratamiento de diversos tipos de aguas residuales industriales. Se requiere entonces continuar la experimentación, evaluando además otros parámetros en las aguas tratadas con carbón activado.

REFERENCIAS

Alfa Laval (1990). Manual de industrias lácteas (2.ª ed.). Madrid. Almodena (10 de 4 de 2014). *Twenergy*. Recuperado el 27 de abril de 2019, de *El tratamiento de aguas residuales en Colombia*: <https://twenergy.com/co/a/el-tratamiento-de-aguas-residuales-en-colombia-1142>.

Arango, Á., & Garcés, L. (2007). *Tratamiento de aguas residuales de la industria láctea. Producción + Limpia*. Recuperado el 15 de febrero de 2019, de http://www.lasallista.edu.co/fxcu/media/pdf/revistalimpia/vol2n2/pl_v2n2_23-30_electrocoagulaci%C3%B3n.pdf

Bañón, H. (2017). *Diseño de un sistema de adsorción en carbón activado para la eliminación de cromo hexavalente en disolución acuosa*. Valencia.

Buenano Dávalos, M. (2016). *Propuesta de una planta de tratamiento de aguas residuales de una empresa envasadora de leche del cantón Rumiñahui, para que cumpla con la norma técnica ambiental*. Quito.

Carbotecnia (2004). *El carbón activado en el tratamiento de aguas residuales*. Jalisco, México.

Condorchem Envitech (s.f.). *Tratamiento de aguas residuales, efluentes, y aire al servicio del medio ambiente*. Recuperado el 13 de febrero de 2019, de *Tratamiento de aguas residuales de la industria láctea*: <https://blog.condorchem.com/tratamiento-de-aguas-residuales-de-la-industria-lactea/>.

DANE (2013). *Cuenta Satélite Piloto de la Agroindustria (CSPA): Maíz, sorgo y soya y su primer nivel de transformación, 2005-2009*.

Dietrich, Z. V. (1999). *Proyecto de café*. Costa Rica.

Fernández-Alba, García, L., García, R., Valiño, D., Fernández, V., & García, S. (2006). *Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales*. Madrid: Elecé Industria Gráfica.

Foo, K. L. (2013). Preparation of tamarind fruit seed activated carbon by microwave heating for the adsorptive treatment of landfill leachate: A laboratory column evaluation. *Bioresource Technology*, 599-605.

Foo, K., Lee, L., & Hameed, B. (s.f.). Preparation of tamarind fruit seed activated carbon by microwave heating for the adsorptive treatment of landfill leachate: A laboratory column evaluation. Penang, Malasia.

Franceschi & Guerra (2015). Estudio de agotamiento de columnas de carbón activado granular usadas para el manejo de un lixiviado previamente tratado mediante procesos de oxidación avanzada. Cartagena: Universidad de Cartagena.

García, E., & López, P. (2016). *Curso interactivo de tratamiento de aguas residuales*. Recuperado el 2 de 4 de 2019, de *Aguas residuales*. Composición: http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas_Residuales_composicion.pdf.

GEDAR. (s.f.). *Opciones de tratamiento de aguas residuales mediante carbón activo*. Recuperado el 28 de 4 de 2019, de https://www.gedar.com/PDF/Industrial/GEDAR-Carbon_Activo_Aguas_Residuales.pdf.

Grisales, A., & Rojas, W. (2016). *Obtención de carbón activado a partir de activación química de pulpa de café y su aplicación en la remoción de colorantes en aguas residuales industriales*. Pereira.

Carriazo, J. (2010). Propiedades adsorptivas de un carbón activado y determinación de la ecuación de Langmuir empleando materiales de bajo costo, pp. 224-229.

Lizarazo, J., & Orjuela, M. (2013). *Sistemas de plantas de tratamiento de aguas residuales en Colombia*. Recuperado el 15 de

febrero de 2019, de <http://www.bdigital.unal.edu.co/11112/1/marthaisabelorjuela2013.pdf>.

Martín Martínez, J. (1999). *Adsorción física de gases y vapores por carbones*. Alicante, España: Espagrafic.

Niño, I., & Ortiz, D. (2006). *Evaluación de dos clases de carbón activado granular para su aplicación efectiva en la remoción de fenoles en los vertimientos de una empresa de jabones*.

Proexport Colombia (2011). *Sector lácteo en Colombia*. Recuperado el 12 de febrero de 2019, de <http://portugalcolombia.com/media/Perfil-Lacteo-Colombia.pdf>.

Ramírez, Martínez & Fernández (2013). Remoción de contaminantes en aguas residuales industriales empleando carbón activado de pino pátula. *Avances. Investigación en Ingeniería*, 10, 42-49.

Rodríguez Pimentel, H. (13 de marzo de 2017). *Agua*. Recuperado el 12 de mayo de 2018, de *Las aguas residuales y sus efectos contaminantes*: <https://www.iagua.es/blogs/hector-rodriguez-pimentel/aguas-residuales-y-efectos-contaminantes>.

Santana, A. (19 de enero de 2018). Perspectivas del sector lácteo para 2018. *CONtextogadero*.

Universidad de Sevilla (s.f.). *Elaguapotable*. Recuperado el 12 de febrero de 2019, de *Manual del carbón activo*: <http://www.elaguapotable.com/Manual%20del%20carb%C3%B3n%20activo.pdf>.

Velásquez, J. (2007). Obtención de carbón activado a partir de cáscara de coco pretratada con vapor. *Investigaciones Aplicadas*, 1-5.