



Encuentro Internacional de  
Educación en Ingeniería ACOFI

**GESTIÓN, CALIDAD Y DESARROLLO  
EN LAS FACULTADES DE INGENIERÍA**

**CARTAGENA, COLOMBIA  
18 al 21 de septiembre de 2018**



# **DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL BIOCHAR A BASE DE CASCARILLA DE MANÍ PARA LA ADSORCIÓN DEL CROMO PRESENTE EN EL AGUA QUE ENTRA AL HUMEDAL JABOQUE COMO UN APORTE PARA SU DESCONTAMINACIÓN**

**Edwards Ivan Parra Nope, Erika Ruiz Sánchez, Gina Lorena Torres González,  
Jimmy Edgard Álvarez Díaz, Quelbis Roman Quintero Bertel y Alexander Reyes  
Moreno**

**Universidad Manuela Beltrán  
Bogotá, Colombia**

## **Resumen**

El humedal Jaboque es uno de los ecosistemas acuáticos más importantes de la ciudad de Bogotá D.C., el cual presenta altos índices de degradación a causa de las descargas de aguas residuales que recibe, provenientes de actividades domésticas e industriales. Específicamente, hay ciertas industrias del sector metalúrgico, textil y de pinturas que vierten altas concentraciones de metales pesados, especialmente el cromo, que son altamente contaminantes debido a su afinidad con la materia orgánica disuelta.

Esta investigación tiene como fin tratar aguas contaminadas del humedal Jaboque con un sistema de adsorción del cromo, cuya principal innovación será la utilización de un material adsorbente proveniente a partir de la combustión lenta de la cascarilla del maní (*Arachis hypogaea*). Esta combustión produce un biocarbón o biochar activado, el cual conlleva diversos usos, como mejorador de suelos o como coadyuvante en técnicas de remediación. La activación del carbón orgánico, ha probado ser una técnica efectiva para aumentar la capacidad de adsorción de metales pesados

Por tanto, esta investigación prueba la efectividad del carbón activado en la remoción de metales pesados. A través de la búsqueda de información en varias bases de datos, se determinó que la cascarilla del maní es una de las mejores alternativas para la remoción de metales pesados, sobre

## DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL BIOCHAR A BASE DE CASCARILLA DE MANÍ PARA LA ADSORCIÓN DEL CROMO PRESENTE EN EL AGUA QUE ENTRA AL HUMEDAL JABOQUE COMO UN APORTE PARA SU DESCONTAMINACIÓN

otras biomásas residuales, como el arroz, maíz o plátano, Por ello, activando el carbón contenido en los residuos agrícolas del procesamiento del maní, se fabricará un biochar por medio de un reactor de pirolisis lenta, en el cual se controlarán las variables de temperatura y tiempo de la combustión para que se produzca un biocarbón con las propiedades necesarias (Lee *et al.*, 2013) para la adsorción del cromo presente en las aguas contaminadas del Humedal Jaboque. Aportando así una bio-alternativa desde el punto de vista de la Ingeniería Ambiental e industrial, que contribuya a la descontaminación del Humedal Jaboque.

**Palabras clave:** adsorción de cromo; biochar; carbón activado; cascarilla de maní; humedal Jaboque

### **Abstract**

*The Jaboque wetland is one of the most important aquatic ecosystems of the city of Bogotá, which shows degradation due to the discharges of domestic and industrial wastewater it receives. Specifically, there are certain industries in the metallurgical, textile and paint sectors that discharge high concentrations of heavy metals, especially chromium, which are highly polluting due to their affinity with dissolved organic matter.*

*The research purpose is to manage contaminated waters of the Jaboque wetland with a chromium adsorption system, whose main innovation will be the use of an adsorbent material produced by the slow combustion of the peanut husk (*Arachis hypogaea*). This kind of combustion produces a biochar or activated biocarbon, which involves different uses, as a soil amendment or as a material for further remediation techniques. The activation of organic matter demonstrated an excellent adsorption capacity for heavy metals.*

*Therefore, the research main goal is to evaluate the effectiveness of an activated carbon to the removal of heavy metals. Through the searching of multiple databases, it was determined that peanut husk is one of the best alternatives to the removal of heavy metals, in comparison with others residual biomass, such as rice, corn or banana. Therefore, activated carbon from peanut shells can be produced by a slow pyrolysis, which yield and chemical properties are influenced by operating conditions during pyrolysis process such as temperature, heating rate, holding times and particle size. After that, it will be determined the removal capacity of toxic chromium from wastewater using the biocarbon produced from peanut shells. Thus, this research will be proposed a biological alternative to the decontamination of the Jaboque Wetland, from the point of view of the Environmental and Industrial Engineering.*

**Keywords:** biochar; biofilter; adsorption; peanut husk; chrome; Jaboque Wetland

## **1. Introducción**

Según la Secretaria Distrital de Ambiente, "El humedal el Jaboque está ubicado en la zona noroccidental de la ciudad de Bogotá, en la Localidad 10 de Engativá. Geográficamente, se

## DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL BIOCHAR A BASE DE CASCARILLA DE MANÍ PARA LA ADSORCIÓN DEL CROMO PRESENTE EN EL AGUA QUE ENTRA AL HUMEDAL JABOQUE COMO UN APOORTE PARA SU DESCONTAMINACIÓN

localiza entre el aeropuerto el Dorado, el río Juan amarillo y la Autopista Medellín". Antiguamente, la función de este humedal fue el de servir de barrera de amortiguación a los caudales provenientes de las otras localidades de Bogotá, así como regular en épocas de lluvia, los desbordamientos del Río Bogotá (**Alcaldía Mayor de Bogotá D.C, 2009**).

Actualmente, la función del humedal ha cambiado puesto que se ha destinado como depósito de las aguas residuales canalizadas por la empresa de acueducto y alcantarillado de la ciudad, lo que ha provocado el deterioro del área natural con exceso de carga de materia orgánica y la pérdida de un alto porcentaje del espejo de agua (**Alcaldía Mayor de Bogotá D.C, 2009**). Paralelamente, el desecho de efluentes industriales ha traído consigo la presencia de distintas cargas contaminantes perjudiciales para el ambiente, entre las que se encuentran los metales pesados. Estos contaminantes reducen la biodiversidad, debido a que transcurren por toda la cadena trófica acumulándose en los tejidos grasos de la biota entera, causando la muerte de individuos e inhibiendo el crecimiento y reproducción de plantas y animales (**Acherman, 2007**).

Por otra parte, los análisis de vertimientos que descargan en el humedal indican niveles por encima de los límites permisibles de metales pesados, como el Cadmio, Níquel, Plomo, Cromo y Zinc, según el marco normativo de las Resoluciones 1074 de 1997 del DAMA (**Acherman, 2007**) y 631 de 2015 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). El exceso de metales pesados que traen las aguas residuales de la ciudad, son aportados por las industrias textiles, metalúrgicas, curtiembre de pieles y de pinturas, que en su mayoría no han adoptado sistemas propios de tratamiento de aguas residuales ni tampoco han implementado procesos de producción más limpia que permitan disminuir los niveles de concentración de metales pesados, que son altamente tóxicos para la salud y el ambiente.

Continuando con lo anterior, el Cromo se puede presentar en dos estados de valencia: el Cromo trivalente (Cr III) que ocurre naturalmente y el Cromo hexavalente (Cr VI) que se produce en los procesos industriales. Por lo tanto, los compuestos de Cr VI son los más perjudiciales para los seres humanos, ya que son "fuertes agentes oxidantes, tienden a ser irritantes, corrosivos y son considerablemente más tóxicos que los compuestos de cromo III" **Escalante y Rivas (2014)**. **Montoya et al. (2010, p. 82)** establecen problemas de salud asociados a la exposición con compuestos de Cr VI, entre los que destacan alteraciones del sistema respiratorio e inmunológico del cuerpo. Además, se han establecido diversas enfermedades, como erupciones cutáneas, problemas digestivos, insuficiencias respiratorias, debilitamiento del sistema inmune, hinchazón abdominal, daño del ADN y cáncer.

A partir de la problemática ambiental y social señalada, este estudio pretende determinar la eficiencia en la remoción de Cromo en aguas residuales que descargan en el humedal Jaboque, a través de un biofiltro natural que adsorba el exceso de este metal pesado. Esta alternativa no se vislumbra como una tecnología al final del tubo, sino más bien se relaciona con una técnica de remediación del medio natural, que se ha visto afectado por la contaminación originada por la industrialización pasada y actual de la ciudad.

Por lo tanto, el objetivo general de esta investigación es desarrollar un biofiltro natural que adsorba gran parte de las concentraciones de cromo que entra al humedal, a partir de la activación del

# DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL BIOCHAR A BASE DE CASCARILLA DE MANÍ PARA LA ADSORCIÓN DEL CROMO PRESENTE EN EL AGUA QUE ENTRA AL HUMEDAL JABOQUE COMO UN APORTE PARA SU DESCONTAMINACIÓN

carbón de la biomasa residual producida en el procesamiento del maní, cuyo término más exacto es biochar o biocarbón. Según **Escalante et al. (2016)**, "el biochar es el producto de la descomposición térmica de materiales orgánicos (biomasa) con escaso o limitado suministro de oxígeno (pirólisis), a temperaturas relativamente bajas ( $< 700^{\circ}\text{C}$ )". De esta forma, se pretende que el biochar se convierta en una alternativa sostenible para la remoción de cromo de aguas residuales, que pueda aplicarse directamente en la industria o en el medio natural a través de técnicas de remediación efectivas. Así, se espera producir un biocarbón, en condiciones óptimas de temperatura y tiempo de combustión, que sean eficientes en la remoción de cromo de aguas residuales con una alta carga de metales pesados.

## 2. Planteamiento del problema

Muchos procesos industriales desarrollados por la industria en Bogotá, sobre todo en el pasado, se han realizado sin control alguno por parte de la autoridad ambiental, lo que ha conllevado a que no se haga uso adecuado de los agentes químicos que terminan en las redes de alcantarillado. Es así como los vertimientos en Bogotá se descargan en el río Bogotá o en sus afluentes, como el río Salitre que a su vez llegan en su totalidad al humedal Jaboque. Este humedal es un ecosistema acuático de gran importancia ambiental para la cuenca media del río Bogotá, cuya alteración ha provocado la pérdida de biodiversidad y una gran variación de las condiciones fisicoquímicas del cuerpo hídrico. Es por esto, que se propone un material sostenible a base de cascarilla de maní, que permita la remoción eficiente del cromo presente en las aguas residuales que alcanzan el humedal. De esta forma, se formula la pregunta de investigación: **¿Qué tan eficiente es el biochar a base de cascarilla de maní para la adsorción del cromo presente en el agua residual que entra al humedal Jaboque?**

## 3. Justificación

La falta de conciencia sobre los problemas ambientales que aquejan al territorio nacional, está determinada en gran parte por el predominio de las actividades económicas que ejercen un desequilibrio en los otros dos componentes del desarrollo sostenible, el ambiente y lo social. Es así, como surge la cosificación del ambiente y la sobreexplotación de la naturaleza, que según **Leff (2004)**, se adquieren por la falta de conocimiento que se tiene de la función primordial del ambiente en nuestras vidas, cuya resignificación en un concepto sostenible garantizará nuestra calidad de vida. Todo comienza con la generación de conciencia sobre lo que realmente representa el ambiente para la sociedad y la economía; por medio de la educación ambiental, preponderará el cuidado de los ecosistemas y sus servicios ecosistémicos para que garanticen el desarrollo de la sociedad y el sostenimiento de la economía, anhelo global de las naciones unidas con sus políticas de desarrollo sostenible.

Para el caso del humedal Jaboque, cuya principal función es la de servir de reservorio natural para que diversos procesos bióticos se desarrollen plenamente y sin ningún peligro, está en peligro por la gran expansión urbana que ha tenido la ciudad y con ella la alta industrialización del territorio, que han modificado grandemente el ambiente natural, como la calidad del aire, suelo y agua (**EI**

**Tiempo, 1998**). Actualmente, el humedal se encuentra en condiciones preocupantes, ya que las actividades bióticas se han visto alteradas, no solo por la contaminación orgánica, que por sí solo el humedal pudiera depurarse naturalmente, sino lo preocupante es por la carga contaminante de estas aguas residuales, con sólidos suspendidos, disueltos y metales pesados.

Ante esto, la importancia de la presente investigación radica en la alternativa sostenible propuesta desde un punto de vista de la ingeniería ambiental, para disminuir la contaminación presente en el Humedal Jaboque. En este sentido, se propone utilizar el biochar o biocarbón, producido de la cascarilla de maní, como un biofiltro que adsorba el exceso de cromo hexavalente que llega al humedal a través de sus afluentes (el río Salitre). Como primera medida, se requiere investigar la eficiencia de adsorción de este material poroso y así determinar su uso como un biomaterial que disminuya la entrada de cromo al humedal. Por tanto, el alcance es la depuración del agua del humedal, que se verá reflejado en el bienestar de la población, garantizando un bien común a la ciudad y el ambiente. Son muchos los beneficios que pueden derivarse de los resultados de esta investigación, los cuales son de tipo socio-ambiental, ya que se está utilizando un residuo orgánico que en su conversión a biocarbón no requiere de un proceso complicado ni costoso, tampoco contaminante, lo cual está acorde con el sexto objetivo de desarrollo sostenible que trata sobre el agua y el saneamiento básico **(CEPAL, 2018)**.

#### **4. Marco teórico**

La contaminación del agua con metales pesados conlleva problemas a la salud humana y a todos los seres vivos, en general, ya que muchos de estos compuestos migran fácilmente al ser diluidos en agua. Esto genera una enorme carga para el ambiente, puesto que estos iones pesados son poco metabolizables por la vida acuática de tal forma que permanecen por periodos prolongados en la naturaleza. Los ecosistemas acuáticos epicontinentales han sido los más afectados por este tipo de contaminantes, por la alta acumulación ocurrida a lo largo de décadas de vertimientos no controlados, que han afectado las propiedades físico-químicas del agua, trayendo consigo problemas sanitarios. Es por ello, que se ha puesto especial atención en técnicas de fitorremediación para reducir los niveles de metales pesados en cuerpos hídricos y son pocas las investigaciones que centran sus esfuerzos en la remoción de determinados metales pesados.

Igualmente, se ha investigado poco sobre los beneficios del biochar para la remoción de metales pesados, a pesar de haberse demostrado que es un buen adsorbente de contaminantes orgánicos y metales pesados” **(Gamiz et al., 2017)**. Aparte de convertirse en un material adsorbente muy económico, ya que se utilizan materiales orgánicos para su fabricación.

En este sentido, se ha utilizado el biocarbón derivado de semillas del Oleaster (*Eleagnus angustifolia*), fruto originario de Turquía, y las piedras de cerezas (*Prunus cerasus*) para la adsorción de cromo hexavalente **(Kahraman y Pehlivan, 2017)**. La producción del biocarbón se realizó mediante una pirólisis lenta de las semillas de los frutos de ambas especies, que se carbonizaron a una temperatura de 500 °C y con presencia de gas nitrógeno inerte. Luego, se midió la eficiencia de cada biocarbón controlando parámetros, como el pH inicial, la concentración

## DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL BIOCHAR A BASE DE CASCARILLA DE MANÍ PARA LA ADSORCIÓN DEL CROMO PRESENTE EN EL AGUA QUE ENTRA AL HUMEDAL JABOQUE COMO UN APORTE PARA SU DESCONTAMINACIÓN

de cromo hexavalente, la capacidad de adsorción y el tiempo de contacto entre el contaminante y el biomaterial.

De la misma forma, de un mismo material orgánico, como el obtenido del rastrojo de la soja (*Glycine max*), se han obtenido varios tipos de biocarbón, según sea la temperatura empleada en la carbonización, por ejemplo, a 300 °C y 700 °C (**Rajapaksha et al. 2018**). Equivalentemente, se han producido diferentes tipos de biocarbón del ramio (*Boehmeria nivea*), planta que crece en países asiáticos, a temperaturas de 300 °C, 450 °C y 600 °C, con el propósito de remover o disminuir la concentración de Cromo presente en una solución acuosa (**Zhou, 2016**). Otra variación en la producción de biocarbón, es agregar una solución de  $\text{FeCl}_3$  a una concentración 2M antes de efectuarse la pirolisis de la cascarilla del maní a diferentes temperaturas: 450 °C, 500 °C, 550 °C, 600 °C y 650 °C (**Han, 2016**). Una vez se obtuvieron los diferentes tipos de biocarbón, se pudo establecer que el tipo más eficiente en la adsorción de Cromo (VI) fue el elaborado a una temperatura de 650 °C, que según los autores fue debido a que, a una mayor temperatura, el área superficial del biochar tiene mejor estructura y los compuestos de  $\text{FeCl}_3$  pueden adherirse con mayor facilidad a él, permitiendo que pueda reaccionar sin problemas con el Cr (VI). La eficiencia de adsorción de Cr (VI), fue de 10.000 mg/Kg en 60 horas. Este estudio también demostró que, el tamaño de las partículas es un factor que influye en el proceso de adsorción, cuyos mejores resultados se observaron a un tamaño entre 0,15 – 0,5 mm. Por tanto, los estudios aquí recopilados han concluido que el biochar obtenido a una temperatura de 650°C es el más adecuado para la adsorción de Cr (VI), cuando se realiza con componentes de Fe (**Han et al., 2016**).

## 5. Objetivos

### Objetivo general

- Determinar la eficiencia del biochar obtenido a base de la cascarilla de maní para la adsorción de cromo de una muestra de agua proveniente del afluente del río Salitre que entra al Humedal Jaboque, como un aporte para la disminución de la contaminación de este cuerpo de agua.

### Objetivos específicos

- Producir un carbón activado a partir de la pirolisis lenta de la cascarilla de maní, controlando las variables de temperatura y tiempo de combustión.
- Determinar la capacidad de adsorción del biochar obtenido de la cascarilla de maní para la disminución de los niveles de cromo en aguas contaminadas del Humedal Jaboque.
- Contribuir a la descontaminación del humedal Jaboque a través de la propuesta de una alternativa sostenible para la remoción de Cromo.

## 6. Metodología

La presente investigación es de tipo cuantitativo, que comenzó con una revisión de la literatura en bases de datos científicas, como Scopus y Science Direct, para la identificación y comparación de diferentes estudios que utilizaron biocarbones, como alternativa de adsorción de cromo. De igual forma, se encontró que el Humedal Jaboque es uno de los cuerpos de agua más afectados por la contaminación antrópica, especialmente por metales pesados (**Acherman, 2007**). Para corroborar la información obtenida en la revisión de la literatura, se realizará la caracterización del Humedal Jaboque, por medio de imágenes y cartografía, y una verificación en campo.

Por otra parte, se elaborará una tabla comparativa con base en la información obtenida, que visualice los diferentes tipos de biomásas vegetales utilizadas para la producción de biocarbones y su eficiencia en la remoción de cromo. No solo se revisarán las especificaciones técnicas en la producción del biocarbón más eficiente, sino que se considerarán también las características de disponibilidad y costos para proponer la mejor alternativa de remoción de cromo. Posteriormente, una vez se determine el material más óptimo para la realización del biochar, se procederá a identificar las propiedades óptimas en la elaboración de este.

## 7. Resultados

En la figura 1, se muestra la localización del Humedal Jaboque, el cual pertenece a la localidad de Engativá de la ciudad de Bogotá D.C. Se puede observar la gran extensión del cuerpo de agua y su previsible encerramiento por los barrios urbanos que lo bordean, incluyendo al Aeropuerto El Dorado.

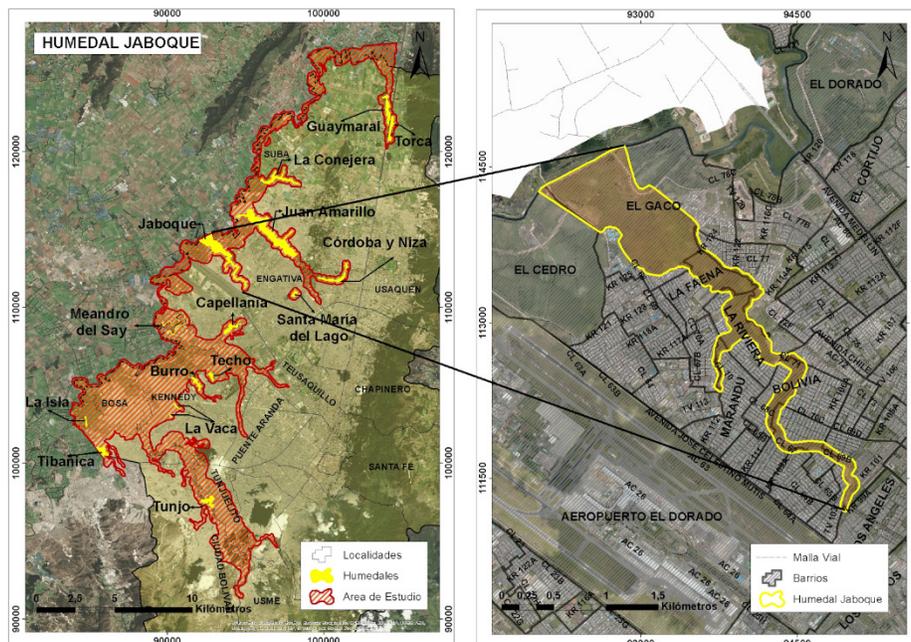


Figura 1. Cartografía del humedal Jaboque

Fuente: Secretaría Distrital de Ambiente. Recuperado de:

<http://humedalesdebogota.ambientebogota.gov.co/inicio/humedal-jaboque-2/>

**DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL BIOCHAR A BASE DE CASCARILLA DE MANÍ PARA LA ADSORCIÓN DEL CROMO PRESENTE EN EL AGUA QUE ENTRA AL HUMEDAL JABOQUE COMO UN APORTE PARA SU DESCONTAMINACIÓN**

En la figura 2, se evidencian además las zonas de vertimientos puntuales y algunas industrias que se ubican en los alrededores del humedal que han tenido influencia sobre el estado actual de esta área natural (figura 3).

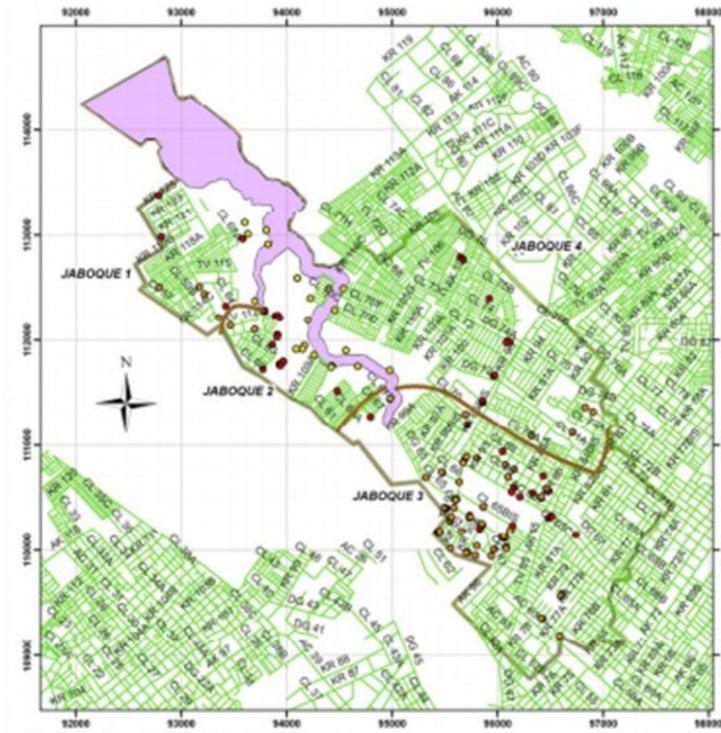


Figura 2. Cartografía del Humedal Jaboque

Fuente: Acherman, J. (2007). *Análisis del estado de alteración y contaminación del humedal Jaboque* (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia. Recuperado de:

[http://oab2.ambientebogota.gov.co/apc-aa-files/57c59a889ca266ee6533c26f970cb14a/alteracion\\_jaboque.pdf](http://oab2.ambientebogota.gov.co/apc-aa-files/57c59a889ca266ee6533c26f970cb14a/alteracion_jaboque.pdf)



Figura 3. Vista actual de la cuenca del humedal Jaboque. Recuperado de: <https://encolombia.com/medio-ambiente/humedales/bogotah/hhb/hume-bogota-historia2/>

**DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL BIOCHAR A BASE DE CASCARILLA DE MANÍ PARA LA ADSORCIÓN DEL CROMO PRESENTE EN EL AGUA QUE ENTRA AL HUMEDAL JABOQUE COMO UN APORTE PARA SU DESCONTAMINACIÓN**

Durante la fase de investigación de la literatura, se encontró que el biochar se puede producir a partir de diferentes materias primas, que le otorgan a este material poroso de ciertas características específicas para la remoción de un contaminante determinado, en este caso el cromo, en sus dos estados (Cr III y Cr VI). Las materias primas investigadas fueron: Semilla de Oleaster y cereza, rastrojo de soja, cascarilla de maní y ramio. En la tabla 1, se muestra la comparación de las diferentes materias primas y sus características principales para la elaboración del biochar.

**Tabla 1. Comparación de las materias primas utilizadas en la elaboración del biochar para la adsorción de cromo**

<b>Materia prima</b>	<b>pH</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Tiempo de la pirolisis lenta</b>	<b>% de remoción de Cr (III)</b>	<b>% de remoción de Cr (VI)</b>	<b>Lugar de origen</b>
Semillas de <i>Eleagnus angustifolia</i>	1,5	500 °C	3 horas	-	85,9%	Asia, Europa
Semillas de <i>Prunus cerasus</i>	1,5	500 °C	3 horas	-	81,4%	Europa EEUU
Rastrojo de <i>Glycine max</i>	3	700 °C	3 horas	-	80%	China
Cascarilla de <i>Arachis hypogaea</i>	5	650 °C	4 horas	85%	-	Suramérica
Biomasa de <i>Boehmeria nivea</i>	2	300 °C	2 horas	22,8%	99,10%	China

**Fuente: (Autores, 2018)**

De acuerdo con la tabla 1, para esta investigación se decidió escoger el biochar obtenido de la cascarilla de maní, debido a que es una materia prima asequible en el mercado local y por los altos porcentajes de eficiencia lograda en la remoción de cromo mucho más altos que los conseguidos por el biocarbón de *B. nivea* (ramio). El maní se produce en casi todos los países de Latinoamérica, específicamente en Colombia se encuentran muchas distribuidoras de este producto que facilitan el acceso a la cascarilla que queda como residuo, lo cual permite que sea un material sostenible de bajo precio.

Es así como para procurar un biocarbón de buena calidad, se debe realizar unos análisis próximos del material vegetal que caracterice las propiedades fisicoquímicas, para luego compararlas con los análisis últimos del biocarbón activado obtenido. Para esta investigación se utilizarán los valores próximos de la cascarilla del maní, que se presentan en la tabla 2.

**DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL BIOCHAR A BASE DE CASCARILLA DE MANÍ PARA LA ADSORCIÓN DEL CROMO PRESENTE EN EL AGUA QUE ENTRA AL HUMEDAL JABOQUE COMO UN APOORTE PARA SU DESCONTAMINACIÓN**

**Tabla 2. Propiedades del biochar obtenido de la cascarilla de maní**

Propiedad física	Propiedades químicas				Componentes principales			
	Temperatura promedio	Contenido de humedad	Contenido de cenizas	Material volátil	Carbón fijo	Carbón	Hidrógeno	Nitrógeno
600°C	8,0%	3,9%	41%	55,1%	85,1%	2,2%	1,2%	11,5%

Fuente: <https://www.ecn.nl/phyllis2/Browse/Standard/ECN-Phyllis#peanut>

## 8. Conclusiones

- La implementación de una bio-alternativa de remediación del Humedal Jaboque, permitirá reducir los niveles de cromo presente en el ecosistema acuático, ya que el biochar obtenido de la cascarilla de maní, según la literatura consultada, se convierte en una opción viable que cuenta con una alta eficiencia de adsorción de cromo a comparación de otras materias primas, como el Oleaster, cereza, rastrojo de soja o biomasa del ramio. Además, el biochar obtenido de la cascarilla de maní realiza un aporte sostenible a la solución a la contaminación del humedal, siendo un mecanismo que se pueda adaptar a otras condiciones de terreno visto desde un enfoque de la ingeniería ambiental.
- Seguidamente, en la elaboración del biochar se deben considerar ciertos parámetros físicos, como pH y temperatura, encontrando por bibliografía que los mejores valores se encuentran alrededor de los 650 °C. De acuerdo con la literatura, el biochar obtenido de la cascarilla de maní tiene una alta capacidad de adsorción de cromo debido a sus propiedades químicas y físicas, que se logran durante el proceso de pirólisis lenta que se condiciona por la temperatura y el tiempo de combustión, los cuales se convierten en variables esenciales para la elaboración de excelentes carbones activados.
- Por otra parte, se encontró que la alternativa propuesta en este trabajo de investigación resulta en un buen aporte para la descontaminación del Humedal Jaboque, ya que las propiedades obtenidas en la elaboración del biocarbón permitirán remover gran cantidad de cromo y otras características físicas del agua, como la turbidez, olor, color, entre otras.

## 9. Recomendaciones

- Para la elaboración del biocarbón activado se contará con el equipo de pirólisis lenta del Grupo Bioindustrias de la Universidad Autónoma de Colombia, que ha construido un prototipo industrial de capacidad de un kilogramo que además cuenta con un flujo de nitrógeno inerte y un sistema de destilación de los gases producidos que se recogen y tratan posteriormente. Igualmente, la operación del equipo debe contar con datos previos que se obtienen de bases

## DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL BIOCHAR A BASE DE CASCARILLA DE MANÍ PARA LA ADSORCIÓN DEL CROMO PRESENTE EN EL AGUA QUE ENTRA AL HUMEDAL JABOQUE COMO UN APOORTE PARA SU DESCONTAMINACIÓN

de datos suscritas por la Universidad Manuela Beltrán y demás apoyo tecnológico y logístico prevista por la universidad.

- Por esto, sin duda este tipo de proyectos resulta de una colaboración institucional que articula los diferentes aspectos del proyecto. Además, resulta valioso la participación activa de todas las partes interesadas, desde los investigadores y practicantes que buscan la solución de un problema ambiental desde una visión de la Ingeniería Ambiental, para luego buscar alianzas con las instituciones ambientales del Distrito que deben ser los beneficiarios proactivos del proyecto, al ser los garantes de la aplicación de las políticas públicas en beneficio de la calidad de vida de los habitantes que se logra con la conservación de la Estructura Ecológica Principal definida para la ciudad.

## 10. Referencias

### Artículos de revista

- Escalante, R., Pérez, L., Hidalgo, M., Lopez, C., Campo, A., Valtierra, P. y Etchevers, B. (2016). Biocarbono (biochar) I: naturaleza, historia, fabricación y uso en el suelo. *Terra Latinoamericana*, 34(3), 367-382.
- Gámiz, B., Velarde, P., Spokas, K.A., Hermosín, MC y Cox, L. (2017). Biochar soil additions affect herbicide fate: importance of application timing and feedstock species. *J. Agric Food Chem.* 65, 3109-3117.
- Kahraman, H. T. y Pehlivan, E. (2017). Cr<sup>6+</sup> removal using oleaster (*Elaeagnus*) seed and cherry (*Prunus avium*) stone biochar. *Powder Technology*, 306, 61-67.
- Lee, Y., Eum, P., Ryu, C., Park, Y., Jung, J. y Hyun, S. (2013). Characteristics of biochar produced from slow pyrolysis of *Geodae-Uksae 1*, *Bioresource Technology*, 130, 345-350.

### Libros

- E. Leff (2004). Racionalidad ambiental: La reapropiación social de la naturaleza, Siglo XXI, México, pp. 509, ISBN: 968-23-2560-9.
- S.M. Escalante Arevalo y E.G. Rivas García. (2014). Determinación de la presencia de cromo hexavalente en muestras de agua del Lago de Ilopango por el método de absorción atómico. (Doctoral dissertation, Universidad de El Salvador), pp. 151.

### Fuentes electrónicas

- Acherman, J. (2007). *Análisis del estado de alteración y contaminación del humedal Jaboque* (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia. Consultado el 20 de junio de 2018: [http://oab2.ambientebogota.gov.co/apc-aa-files/57c59a889ca266ee6533c26f970cb14a/alteracion\\_jaboque.pdf](http://oab2.ambientebogota.gov.co/apc-aa-files/57c59a889ca266ee6533c26f970cb14a/alteracion_jaboque.pdf)
- ADESSA, EAAB. (2013). PLAN DE MANEJO AMBIENTAL HUMEDAL JABOQUE. Bogotá. Consultado el 21 de marzo de 2018: <http://ambientebogota.gov.co/documents/10157/2316609/Plan+de+Accion+PMA+Humedal+Jaboque+06-13.pdf>

## DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL BIOCHAR A BASE DE CASCARILLA DE MANÍ PARA LA ADSORCIÓN DEL CROMO PRESENTE EN EL AGUA QUE ENTRA AL HUMEDAL JABOQUE COMO UN APOORTE PARA SU DESCONTAMINACIÓN

- Alcaldía Mayor de Bogotá, D.C. (2009). Localidad de Engativá. En: Diagnóstico Local con Participación Social 2009-2010 (págs. 33-34). Bogotá: Secretaría Distrital de Salud. Consultado el 22 de marzo de 2018: <http://www.saludcapital.gov.co/sitios/VigilanciaSaludPublica/Diagnosticos%20Locales/10-ENGATIVA.pdf>
- CEPAL. (2018). Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe. 49 pp. Consultado el 12 de junio de 2018: <http://www.sela.org/media/2262361/agenda-2030-y-los-objetivos-de-desarrollo-sostenible.pdf>.
- ECN. (2018). ECN Phyllis classification. *Char from peanut shells*. Consultado el 7 de abril de 2018: <https://www.ecn.nl/phyllis2/Browse/Standard/ECN-Phyllis#peanut>.
- Redacción El Tiempo (14 de septiembre de 1998). Falta conciencia ambiental. El Tiempo. Consultado el 20 de abril de 2018: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-737225>.

### Sobre los autores

- **Edwards Ivan Parra Nope:** Estudiante Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Ambiental. [drawde1396@hotmail.com](mailto:drawde1396@hotmail.com)
- **Gina Lorena Torres González:** Estudiante Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Ambiental. [ginal.torres@gmail.com](mailto:ginal.torres@gmail.com)
- **Erika Ruiz Sánchez:** Estudiante Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Ambiental. [erika.ruiz98@hotmail.com](mailto:erika.ruiz98@hotmail.com)
- **Jimmy Edgard Alvarez Díaz:** Biólogo, Doctorado en Gestión de Recursos Naturales. Profesor. [jimedal@gmail.com](mailto:jimedal@gmail.com)
- **Quelbis Roman Quintero Bertel:** Ingeniero Agrícola, Doctorado en Ingeniería Mecánica. Profesor. [quelbis.quintero@gmail.com](mailto:quelbis.quintero@gmail.com)
- **Alexander Reyes Moreno:** Ingeniero Industrial, M.B.A. en Administración de Empresas con Especialidad en gestión de la calidad, seguridad y Medio Ambiente, M.B.A. en Administración Ambiental, candidato a Doctor en Ciencias Económicas y Administrativas. Profesor. [areyes946@hotmail.com](mailto:areyes946@hotmail.com)

---

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2018 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)