

## Resumen

El presente trabajo de investigación aplicada “Obtención experimental de carbón activado a partir de las borras de café” se desarrolló en el Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, para el cual se utilizó como materia prima las borras de café considerados desechos proveniente de las cafeterías del departamento de Tarija cuyo proveedor de café de los mismos es la empresa industrial “CAFÉ IDEAL” ubicada en el departamento de Santa Cruz. Esta industria produce un café 100% boliviano, de variedad arábica en la región de Los Yungas, siendo reconocida esta zona como productora de un excelente café.

Obtener carbón activado a partir de las borras de café es una alternativa de utilización del residuo sólido ya que se pretende dar importancia al procesamiento de las borras de café en la elaboración de carbón activado.

El carbón activado es materia carbonizada de origen vegetal o mineral debido a que presenta un elevado y variado grado de porosidad, una considerable superficie interna y un cierto contenido de grupos químicos superficiales principalmente de oxígeno y nitrógeno que lo hacen tener gran capacidad para adsorber ciertas sustancias las cuales se utilizan para la purificación de líquidos y gases.

Para la selección del método de obtención de carbón activado se evaluó el método de activación química y activación física en función de una tabla de calificación en un rango de valores para dichos criterios, donde la calificación asignada se realizó en base a la Escala Likert. Es así como se seleccionó el método de activación química porque obtuvo el puntaje más alto de calificación.

Para obtener el carbón activado de las borras de café se estableció un diseño factorial de  $2^3$ , es decir de 2 niveles, 3 variables por lo que el número de combinaciones fue de ocho experimentos y ocho repeticiones, las variables del proceso fueron temperatura de (450°C y 550°C), Concentración de ácido fosfórico de (30% y 40%) y un tiempo de carbonización de ( 2 y 3 horas) cuya relación materia prima/ácido es de 1:3 p/v, obteniendo como

variable respuesta el área superficial en función al índice de yodo y el % de remoción del azul de metileno.

Los resultados obtenidos demuestran que la mejor alternativa de obtención de carbón activado de borras de café es carbonizar la muestra a una temperatura de 450°C por un lapso de tiempo de 2 horas, cuya concentración de ácido fosfórico es al 40% dejando la muestra impregnada por un tiempo de 24 horas ya que a estas condiciones se obtuvo 654,1909 m<sup>2</sup>/gr de área superficial en función al índice de yodo ya que mientras más alto sea su valor mayor es su porosidad, en cuanto al % de remoción en función al índice de azul de metileno se tiene un 88,859% de remoción por lo tanto el carbón activado obtenido es apto para la remoción de compuestos orgánicos y para el tratamiento de aguas.

El rendimiento en masa promedio de la mejor muestra de carbón activado obtenido a partir de las borras de café es del 56,778 %, considerándose aceptable para la producción del mismo.

# **INTRODUCCIÓN**

## **ANTECEDENTES**

En la actualidad, la adsorción es considerada una de las mejores técnicas de remoción de contaminantes, para este proceso resultan de interés material con gran superficie interna, como las arcillas, zeolitas y carbón activado; el adsorbente más versátil y usado es el carbón activado.

El carbón activado es un material que, como su nombre lo indica, es materia carbonizada de origen vegetal o mineral. Se denomina “activado” debido a que la materia carbonizada presenta un elevado y variado grado de porosidad, una considerable superficie interna y un cierto contenido de grupos químicos superficiales principalmente de oxígeno y nitrógeno que la hacen tener gran capacidad para adsorber ciertas sustancias (Fuentes, Téllez, & Tirado., 2012). Las características antes mencionadas son la razón de sus propiedades adsorbentes, ya que adsorbe compuestos principalmente orgánicos presentes en un gas o en un líquido, por lo que se utiliza tanto en aplicaciones gaseosas como líquidas. Es tan eficaz que es el purificador más utilizado para los seres humanos (Carbotecnia, 2021).

Existen estudios en el que el carbón activado ha sido obtenido de muchas materias orgánicas, especialmente materias lignocelulósicas y sobre todo de subproductos agroindustriales que se han tomado como desechos, por ejemplo, la madera, el carbón, lignito, las cáscaras de diversas frutas, la fibra de coco, la corteza de plátano, la cáscara de arroz, el bambú, el bagazo de la caña de azúcar, la pulpa del fruto del café y las olivas, entre otros muchos materiales biológicos, los cuales presentan buenas propiedades para la activación (Segovia & Garces, 2017). Convirtiéndose en una buena alternativa para proporcionarle valor agregado a residuos industriales.

Los primeros usos de materiales a base de carbón fueron en aplicaciones médicas. Para ello usaban carbón vegetal como adsorbente preparado a partir de madera carbonizada, así lo describen los griegos en un papiro encontrado en Tebas que data de 1550 a.C. Posteriormente, los griegos amplían su uso para filtrar el agua, con el fin de eliminar malos olores y sabores y prevenir enfermedades.

La primera aplicación industrial del carbón activo tuvo lugar en 1794 en Inglaterra, donde se utilizó como agente decolorante en la industria azucarera (Zetina, 2013). En 1854 se puso en práctica la aplicación para tratamiento de gases comenzando por la utilización de carbón activado en filtros de aire en Londres llegando hasta fabricar las primeras mascarillas con filtro de carbón activado para eliminación de gases tóxicos en la industria química (Veletanga, 2018). La primera aplicación del carbón activado en tratamiento de corrientes gaseosas fue en 1973 por el Dr. D.M. Kehl ya que utiliza el carbón vegetal para mitigar los malos olores emanados por la gangrena (Veletanga, 2018).

De acuerdo a la naturaleza de la materia prima, la obtención del carbón activado puede ser obtenido fundamentalmente de dos formas: mediante **activación física**; a través de tratamiento de material carbonizado con gases oxidantes como dióxido de carbono y vapor de agua y por **activación química**; que consiste en la carbonización del material previamente mezclado con un agente activante (Montesinos, 2018).

El carbón activado es uno de los productos más cotizados a nivel internacional debido a su diversidad de aplicaciones tanto en fase gaseosa como en fase líquida en distintas áreas industriales. Hoy en día el carbón activado es muy utilizado en varias áreas de trabajo entre ellas se encuentra la purificación de agua potable, tratamiento de aguas residuales, en la eliminación de olores y sabores, como agente decolorante en la industria del azúcar, en máscaras para la adsorción de gases tóxicos, para eliminar o recuperar compuestos orgánicos como tintes, disolventes o compuestos orgánicos tóxicos de las aguas, en la purificación del aire, en la industria química, en la purificación de gases, en la decoloración de vinos, zumos y vinagres, purificación de grasas y aceites comestibles, purificación de proteínas, como medicamento en la desintoxicación de personas, purificación de plasma sanguíneo, separación de elementos metálicos (oro, plata), en clarificación en la industria alimenticia y en la industria farmacéutica (Montesinos, 2018).

Una de las problemáticas en la industria del café es el desaprovechamiento del bagazo de café debido a que estos se consideran desechos ya que solamente se utiliza el 7.5%

del peso del fruto fresco en la preparación de la bebida, el 92.5% queda en forma de residuo. Si estos residuos no se gestionan de manera inteligente para obtener otros beneficios como el aprovechamiento o transformación para dar inicio a otra materia prima ayudando a disminuir el volumen de basura generada por el café, representará una amenaza para el medio ambiente.

En 2009 Walter Rodolfo Zenteno Cruz trabajó en la **“OBTENCIÓN DE CARBÓN ACTIVO A PARTIR DE RESIDUOS DE LA MADERA”** concluyó que, durante la elaboración del presente trabajo de investigación, se logró determinar las variables de mayor incidencia en las diferentes etapas del proceso de obtención del carbón activo por el método de activación química.

En el año 2017 Rene Eduardo Oña Valdez trabajó en la investigación de **“OBTENCIÓN DE CARBÓN ACTIVADO, A PARTIR DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR DE IABSA EN EL DEPARTAMENTO DE TARIJA”**. Concluyó que es posible obtener carbón activado de bagazo de azúcar del ingenio de Bermejo, con un proceso simple y eficiente.

La producción de carbón activado se encuentra liderado por los países desarrollados tales como: Alemania, Holanda, Reino Unido, China, Estados Unidos y Japón. (Veletanga, 2018). Siendo china el principal exportador mundial de carbón activado que representa casi el 50% del total mundial.

A nivel latinoamericano existen algunas plantas productoras de carbón activado, siendo México el mayor productor de la región donde las principales empresas son Clarimex (con plantas en México y Brasil), Carbonapelsa, y Carbotecnia. Ecuador posee una planta perteneciente a la compañía Ekokarbones, cuya capacidad es de 800 toneladas anuales, la cual actualmente produce principalmente carbones activados granulares utilizando como materia prima la cáscara de coco. En Chile, desde 1993 Petrochil posee la única planta de carbón activado fabricado a partir de cuescos de durazno existente en el país, cuya capacidad es de 500 toneladas anuales (Torrez & Sevillano., 2013).

Actualmente el país no cuenta con industrias acerca de la fabricación de este producto, pero sí importa carbón activado de distintos países del mundo, como Argentina, Chile, México, EEUU y China, entre otros. En los últimos 5 años Bolivia logró importar alrededor de 949,732 Kg de carbón activado lo que equivale a 2,642,606 \$ (Exterior, 2015).

En Bolivia como también en Tarija el carbón activado tiene un amplio mercado, principalmente para el tratamiento de aguas, decoloración de azúcar, jugos y jarabes. En Tarija los principales consumidores de carbón activado son las empresas embotelladoras de bebidas refrescantes, como EMBOL S.A. y CASCADA S.A., además de estas empresas existen otras las cuales hacen uso del carbón activado, como ser bodegas de vinos y singanis, embotelladoras de agua, laboratorios de análisis.

A continuación, se identifica algunos de los potenciales consumidores de carbón activado en Bolivia.

#### Potenciales consumidores en Bolivia.

<b>Industria</b>	<b>Departamento</b>	<b>Aplicación</b>
COCA-COLA	Tarija	Purificación de agua potable, decolorante de jarabes y/o del azúcar
IABSA	Tarija	Clarificación de jugo concentrado.
MINERA SAN CRISTOBAL	Potosí	Recuperación de oro.
YPFB	Cochabamba, Tarija, Santa Cruz	Recuperación de solventes.
COSAALT	Tarija	Tratamiento de aguas.
ARANJUEZ	Tarija	Tratamiento de aguas residuales, decoloración de vinos
PIL TARIJA	Tarija	Purificación de agua potable

CBN	Tarija	Remoción de olor.
Industrias de Aceite S.A.	Santa Cruz	Remoción de color, olor sabor.
ADM SAO S.A	Santa cruz	Tratamiento de aguas residuales

Fuente: (Aparicio, 2021)

En Bolivia el precio del carbón activado en polvo es de aproximadamente 8 dólares el kilogramo, mientras que el carbón activado granular vale alrededor de 5.82 dólares por cada kg.

La producción de café en Bolivia está concentrada en un 95% en el departamento de La Paz, el 3% en Santa Cruz, 1% en Cochabamba y el 1% restante a los departamentos de Tarija y Pando (INE,2012).

El Instituto Boliviano del Comercio Exterior (IBCE) indicó que entre 2013-2014 se sembró café sobre una superficie de 37.342 hectáreas, obteniendo una producción de 21.793 toneladas y un rendimiento de 584 kilos por hectáreas. En el año agrícola 2014-2015 se sembró 42.119 hectáreas, se produjo 15.963 toneladas y el rendimiento fue de 379 kilogramos por hectárea.

Es por eso que este trabajo de investigación pretende dar un valor agregado a las borras de café, con la finalidad de elaborar carbón activado ya que podría convertirse en una fuente potencial para la producción de un material orgánico.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Obtener experimentalmente carbón activado a partir de las borras de café como una alternativa de utilización del residuo sólido.

### **Objetivos específicos**

- Caracterizar las propiedades físicas y químicas de la materia prima (borras de café).
- Analizar y seleccionar el proceso tecnológico para la obtención experimental de carbón activado a partir de las borras de café.



- Definir las variables que intervienen significativamente durante el proceso de obtención de carbón activado con la finalidad de conocer las condiciones óptimas de obtención.
- Caracterizar el producto obtenido con las siguientes pruebas experimentales: (índice de azul de metileno e índice de yodo).
- Elaborar un balance de materia y energía del proceso de obtención experimental de carbón activado a partir de las borras de café.

## **JUSTIFICACIÓN**

### **Justificación económica**

La producción de carbón activado a partir de las borras del café implica el aprovechamiento del residuo con el propósito de darle un valor agregado a este material de desecho, debido a que permite adaptar este subproducto como fuente de materia prima ya que también generaría ingresos adicionales a la industria cafetalera y a consumidores que tienen actividades comerciales en cafeterías, hoteles, etc.

Por otra parte, la borra del café es el residuo más voluminoso después de la extracción del mismo y puede conseguirse a precios relativamente bajos debido a que Bolivia es un productor y consumidor de café. Es importante resaltar que la obtención de carbón activado a partir de las borras de café podría potenciar un mercado importante en las industrias farmacéutica, química, alimenticias y purificación del agua, etc.

### **Justificación social**

Con este trabajo de investigación se aportará información a la universidad, empresa o persona que quiera implementar y emprender en la elaboración de carbón activado a partir de las borras de café y como consecuencia generaría empleos, mejor calidad de vida.

Además, debido a la gran demanda de carbón activado a nivel internacional y nacional, se ha convertido en una buena opción de mercado y uno de los mejores métodos de tratamiento ambiental de residuos.

### **Justificación tecnológica**

Con el presente trabajo de investigación se pretende dar importancia al procesamiento de las borras de café para la obtención de carbón activado ya que actualmente existe un aprovechamiento deficiente de los residuos sólidos. Este subproducto a partir del café con importantes aplicaciones en la industria química, farmacéutica y alimenticia, demuestra que es necesario desarrollar nuevas tecnologías que permitan llevar a cabo el proceso de elaboración de carbón activado a partir de la borra de café en condiciones determinadas para su posterior aplicación. Este trabajo de investigación permitiría que las industrias de café opten en transformar nuevos productos a partir de subproductos derivados del mismo.

### **Justificación ambiental**

Las borras de café tienden a convertirse en residuo sólido y una disposición final adecuada puede coadyuvar al medio ambiente ya que este es rico en nutrientes, ayudando a fertilizar el suelo, en caso de una disposición final sin un aprovechamiento adecuado aumentaría los índices de contaminación ya que si no se trata y se conserva durante un tiempo prolongado en bolsas u otros materiales cerrados, expulsa olores desagradables y se transforma en un medio óptimo para la proliferación de moscas y otras plagas. Con este trabajo de investigación se pretende dar otra alternativa de utilización de las borras de café como fuente de materia prima para producir carbón activado siendo una medida de gestión de residuos sólidos.