

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ



INGENIERÍA QUÍMICA.



INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL.

TEMA:

IMPLEMENTACIÓN DE UN MÉTODO DE OBTENCIÓN DE CARBÓN ACTIVADO A BASE DE RESIDUO DE CAFÉ (CASCABILLO, CISCO) NATIVA DE YAJALÓN, CHIAPAS.



ASESOR:

M.I.A. ROCÍO FARRERA ALCÁZAR

PRESENTA:

PÉREZ MÉNDEZ RIGOBERTO

No. DE CONTROL:

13270304

TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS AGOSTO-DICIEMBRE 2017

Agradecimiento

Primeramente agradezco a Dios por permitir contemplar los amaneceres, darme fortaleza, sabiduría y fe para creer en lo que hoy he culminado y sin cuya voluntad, nada sucede.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a la Ing. Roció Farrera Alcázar, asesor de mi tesis a quien admiro por su paciencia y empuje a lo largo de esta investigación. Así como a los Ing. Leonardo Gómez Gutiérrez, Ing. Miguel Cid, como revisores de la Tesis, por sus valiosas sugerencias e interés en el desarrollo del presente trabajo.

El Ing. José Francisco Martínez por su paciencia y sus sabias aportaciones en la realización de este trabajo.

A mis hermanos, gracias por estar conmigo y apoyarme siempre. Por último quiero mencionar a la fuerza impulsora de mi vida que son mis padres que siempre velaron por mi bienestar, mi educación, salud y me han guiado por el camino de trabajo, la dedicación y la perseverancia, por ellos soy lo que soy ahora.

Abstract

The interest of this work is to verify that the coffee husk obtained activated carbon by physical and chemical activation with or without phosphoric acid as a binder, the chemically activated carbons produced higher yields, have greater efficiency in absorption. Taking as factors the temperature, the time, the impregnation ratio and the agglutination ratio, and as variables to be studied, the yield and the percentage of activated carbon powder. The produced carbon was studied in the adsorption process with a drink (Pepsi). In this study, the technical feasibility of using coffee residues as a precursor to obtain powdered activated carbon was demonstrated. The best performance values and percentage of powdered activated carbon were obtained in the experimental conditions laboratory level at 500 °C, 30 min, with a ratio of 1 ml of acid per gram of heavy sample, was placed in an oven at 100 ° C for 24 h. in physical activation 60.62% was obtained in performance while in chemical activation 79.65%. The purpose of this project is to reduce the generation of coffee residues in Yajalón Chiapas and on the other hand that the activated carbon obtained and under laboratory tests can be applied in the future in the industry.

Resumen

El interés de este trabajo se centra en comprobar que el cascabillo de café se obtiene carbón activado por activación física y química con o sin ácido fosfórico como aglutinante, los carbones activados químicamente produjeron mayores rendimientos, presentan mayor eficacia en la absorción.

Tomando como factores la temperatura, el tiempo, la relación de impregnación y la relación de aglutinación, y como variables a estudiar, el rendimiento y el porcentaje de carbón activado en polvo. El carbón producido se estudió en el proceso de adsorción con una bebida de cola.

En este estudio se demostró la factibilidad técnica de utilizar residuos de café como precursor para la obtención de carbón activado en polvo. Los mejores valores de rendimiento y porcentaje de carbón activado en polvo se obtuvieron en las condiciones experimentales nivel laboratorio a 500 °C, 30 min, con una relación de 1 ml de ácido por gramo de muestra pesado, se colocó en una estufa a 100 °C durante 24 h. en activación física se obtuvo 60.62 % en rendimiento mientras que en activación química 79.65 %.

La finalidad de este proyecto es reducir la generación de residuos de café en Yajalón Chiapas y por otra parte que el carbón activado que se obtenga y bajo pruebas de laboratorio pueda ser aplicado en un futuro en la industria.

ÍNDICE

| | |
|---|----------|
| Introducción | 1 |
| CAPITULO 1..... | 2 |
| 1 Planteamiento del problema..... | 2 |
| 1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO | 2 |
| 1.1.1 Justificación..... | 2 |
| 1.1.2 Hipótesis general..... | 3 |
| 1.1.2.1 Hipótesis estadístico..... | 3 |
| 1.1.2.2 Hipótesis nula..... | 3 |
| 1.1.3 Objetivo General | 3 |
| 1.1.4 Objetivo Específicos | 3 |
| 1.2 Variable dependiente:..... | 4 |
| 1.3 Variable independiente:..... | 4 |
| 1.4 Marco teórico | 4 |
| 1.4.1 Historia del café | 4 |
| 1.4.2 Consumo de café..... | 7 |
| 1.4.3 Importancia del café en la economía..... | 8 |
| 1.4.3.1 El café en México. | 11 |
| 1.4.3.2 Distribución geográfica de la producción de café en México. . | 12 |
| 1.4.3.3 La produccion de café en mexico | 13 |
| 1.4.3.4 Cafeticultora en la selva-norte de Chiapas..... | 15 |
| 1.4.4 Cascabillo de café..... | 16 |
| 1.4.4.1 Propiedades del cascabillo del café | 16 |
| 1.4.4.2 Usos del cascabillo del café | 17 |
| 1.4.5 Carbón activado..... | 17 |
| 1.4.5.1 Propiedades químicas: | 19 |
| 1.4.5.2 Estructura física | 22 |
| 1.4.5.3 Aplicaciones | 22 |
| 1.4.6 El refresco de cola | 23 |
| 1.4.6.1 Composición..... | 24 |

| | | |
|------------------------|---|-----------|
| 1.4.6.2 | Sabor..... | 25 |
| 1.5 | Ubicación de área de trabajo..... | 26 |
| 1.5.1 | Localización de la materia prima (cascabillo) Yajalón, Chiapas..... | 27 |
| CAPÍTULO 2..... | | 28 |
| 2 | Materiales y métodos..... | 28 |
| 2.1 | Materiales | 28 |
| 2.2 | Metodología experimental | 28 |
| 2.2.1 | Métodos de Obtención de carbón activado de acuerdo a la bibliografía | 28 |
| 2.2.2 | Método físico | 28 |
| 2.2.3 | Método químico | 29 |
| 2.3 | Procedimiento empleado..... | 30 |
| 2.3.1 | Activación física | 30 |
| 2.3.2 | Activación Química | 30 |
| 2.4 | Análisis de resultados | 31 |
| 2.4.1 | Análisis de humedad: NMX-f-279-SCFI-2011 | 31 |
| 2.4.2 | Análisis de cenizas: NMX-f-284-SCFI-2011 | 32 |
| 2.4.3 | Análisis de densidad aparente: NMX-f-279-SCFI-2011..... | 32 |
| 2.5 | Determinación de la absorción del carbón activado con refresco (Pepsi)..... | 33 |
| 2.6 | Determinación del pH | 34 |
| 2.6.1 | Procedimiento empleado | 34 |
| CAPÍTULO 3..... | | 35 |
| 3 | RESULTADOS | 35 |
| 3.1 | Rendimiento activación física | 35 |
| 3.2 | caracterización del carbón activado para activación física | 36 |
| 3.2.1 | Análisis de humedad: NMX-f-279-SCFI-2011 | 36 |
| 3.2.2 | Análisis de densidad aparente: NMX-f-279-SCFI-2011..... | 37 |
| 3.2.3 | Análisis de cenizas: NMX-f-284-SCFI-2011 | 38 |
| 3.3 | Resultado para activación química..... | 39 |
| 3.3.1 | Rendimiento..... | 39 |

| | | |
|-------------------|---|-----------|
| 3.4 | Caracterización del carbón activado para activación química | 40 |
| 3.4.1 | Análisis de humedad: NMX-f-279-SCFI-2011 | 41 |
| 3.4.2 | Tabla de Análisis de densidad aparente: NMX-f-279-SCFI-2011 | 42 |
| 3.4.3 | Análisis de cenizas: NMX-f-284-SCFI-2011 para activación química | 43 |
| 3.5 | Determinación de la absorción del carbón activado con refresco de cola | 44 |
| 3.6 | Determinación del pH | 46 |
| CAPÍTULO 4 | | 48 |
| 4 | Conclusiones | 48 |
| | Referencia bibliográfica | 49 |
| | Páginas web | 51 |
| | Anexos | 52 |

ÍNDICE DE GRAFICA

| | |
|---|----|
| Grafica 1 Comportamiento del rendimiento de acuerdo al objetivo planteado. | 36 |
| Grafica 2 Resultado del análisis de humedad con humedad mayor de 5 % y menor 4 %. | 37 |
| Grafica 3 Comparación de densidad aparente obtenido empleando la norma: NMX-f-279-SCFI-2011 | 38 |
| Grafica 4 Comportamiento del resultado de análisis de ceniza. | 39 |
| Grafica 5 rendimiento activación química..... | 40 |
| Grafica 6 Comportamiento de la calidad del carbón activado con respecto a la humedad..... | 41 |
| Grafica 7 comportamiento de densidad aparente | 42 |
| Grafica 8 resultado de análisis de ceniza | 43 |
| Grafica 9 absorción de las sustancias de refresco de cola | 45 |
| Grafica 10 resultado obtenido del Ph del carbón activado..... | 47 |

ÍNDICE DE FIGURA

| | |
|---|----|
| Figura 1 Cascabillo pesado (20 gr) en bolsas. | 52 |
| Figura 2 Peso del crisol 1 vacío | 52 |
| Figura 3 Peso del crisol 2 vacío | 53 |
| Figura 4 Los 20 gr de cisco en el crisol | 53 |
| Figura 5 Mufla utilizada en la carbonización..... | 54 |
| Figura 6 Balanza utilizada para pesar | 54 |
| Figura 7 carbón activado para disminuir la humedad. | 55 |
| Figura 8 desecador utilizado para acelerar el enfriado del carbón activado. | 55 |
| Figura 9 Carbón activado almacenado en bolsa de polietileno..... | 56 |
| Figura 10 Balanza pesando 0.50 gr de carbón activado para llevar a cabo la prueba de adsorción. | 56 |
| Figura 11 Tubo de ensayo vaciándole el carbón pesado. | 57 |
| Figura 12 Probeta con 5 ml de refresco de cola vaciándolo a tubo de ensayo que contiene carbón activado. | 57 |
| Figura 13 Tubos de ensayo en la prueba de adsorción de refresco de cola. | 58 |
| Figura 14 comparaciones de tiempo de contacto | 58 |
| Figura 15 Con ayuda de un papel filtro se coló el carbón en la prueba de adsorción. | 59 |
| Figura 16 Prueba de PH. | 59 |
| Figura 17 Agitación constante de la muestra en la prueba de PH. | 60 |

Introducción

Las diferentes industrias generan productos y residuos. Con este proyecto se desarrollará el manejo del deshecho de café; una de ellas es la cascarilla del mismo. La producción de café en el estado de Chiapas ha incrementado en los últimos años de igual manera la distribución de café tostado se encuentra en cualquier parte del Estado, por ello se ha ido generando cantidades de desperdicio que se generan comúnmente como cascabillo o cisco, algunos de ellos son de utilidad y recuperables, el problema está en que las técnicas para aprovechar los residuos y hacerlos útiles son de costo elevado. El incremento es continuo que no se valorizan para usos posteriores, la solución de esta problemática es implementar uno de los métodos para obtener carbón activado y darle un valor agregado.

El carbón activado se utiliza para adsorber compuestos, presentes en un gas o líquido. Es un adsorbente muy versátil, porque el tamaño y distribución de sus poros en la estructura carbonosa pueden ser controlados para satisfacer las necesidades de la tecnología actual y futura. El carbón activado presenta una alta capacidad de adsorción, regeneración para su uso en varios ciclos de adsorción-desorción y bajo contenido en cenizas.

El carbón puede activarse mediante procesos térmicos y químicos, empleando las normas **NMX-f-279-SCFI-2011** y **NMX-f-284-SCFI-2011**. En esta investigación se utilizó los residuos de café, (cascabillo) procedente de Yajalón Chiapas, es un desecho que no se le da ninguna utilidad, por las tostadoras de café. El cascabillo es un producto que se obtiene de una piladora.

CAPITULO 1

1 Planteamiento del problema

En Yajalón Chiapas se generan residuos de cascabillo obtenidos de café, en este municipio existen miniempresas de distribución de café molido para el consumo humano, el cisco es un desecho que no se le ha dado ningún uso en esta región, se encuentra al aire libre, este residuo es un problema para las miniempresas, la contaminación del cascabillo es tan grave, normalmente no se ve mucho ese impacto porque la producción de café tostado se encuentran en fincas o piladoras pequeñas y es por eso les permite tirar en los rios, tierras no cultivadas o los quemar. En este proyecto se verá la factibilidad de obtener carbón activado empleando uno de los métodos utilizando el desecho de café (cascabillo, cisco) con la opción de que gracias a este proceso se pueda disminuir el volumen de este residuo.

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.1.1 Justificación

De acuerdo con la revisión bibliográfica realizada el interés de este proyecto se centra en implementar uno de los métodos de obtención de carbón activado, optimizando el proceso a emplear para mejorar el rendimiento del producto final. El producto obtenido es en forma de polvo, mediante un diseño experimental factorial, tomando como factores a estudiar la relación de impregnación del agente activante, temperatura y tiempo de activación, la sustentabilidad de esta investigación que los subproductos o residuos agrícolas han demostrado que son buenos precursores para la producción del carbón activado debido a su alta disponibilidad a bajo precio y su relativo alto contenido de carbono, así mismo disminuir el desperdicio (cascabillo de café) de las mini empresas productoras de café en el municipio ya mencionado.

1.1.2 Hipótesis general

Empleando los métodos de activación física y química se obtendrá carbón activado funcional, a partir de los desechos de café (cascabillo) recolectados en las distintas mini empresas de Yajalón Chiapas, con una eficiencia de obtención del producto final del 50% en ambos métodos, con o sin agente aglutinante.

1.1.2.1 Hipótesis estadístico

Con 5 kg de cascabillo de café se obtendrá 3 kg de carbón activado.

1.1.2.2 Hipótesis nula

No es posible obtener carbón activado a base de residuo de café (cascabillo).

1.1.3 Objetivo General

Innovar un método para elaborar carbón activado utilizando el desecho de café (cascabillo), para determinar las condiciones óptimas de la producción del producto final.

1.1.4 Objetivo Específicos

- ✓ Evaluar la efectividad del método de obtención de carbón activado.
- ✓ Es posible obtener este producto a base de residuo de café.
- ✓ Comparar la efectividad del carbón activado obtenido analíticamente bajo las normas mexicanas.
- ✓ Seleccionar el agente aglutinante.

1.2 Variable dependiente:

Concentración del ácido fosfórico

1.3 Variable independiente:

- ❖ Temperatura
- ❖ Tiempo

1.4 Marco teórico

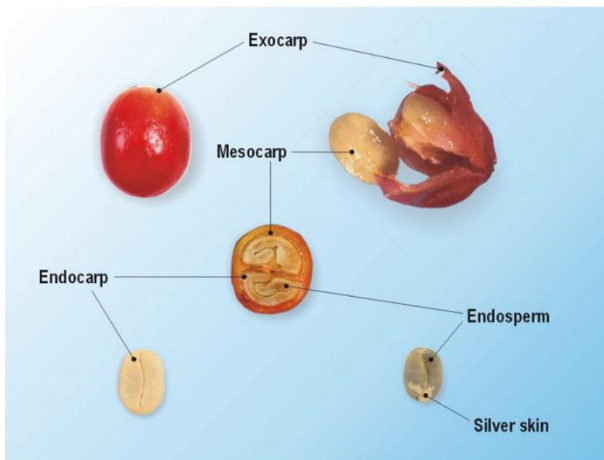
El café es uno de los principales productos agrícolas que se consumen a nivel mundial; en México, gracias a la geografía nacional, es posible cultivar y producir variedades clasificadas entre las mejores del mundo en 15 estados de la república, en una superficie de 737 376.45 ha (SIAP, 2014). A nivel internacional, México es el octavo productor mundial de café (OIC, 2014). India y México ocuparon el quinto y sexto lugar respectivamente durante el periodo de producción 2000 a 2012. (Flores-Vichi ,2015).

1.4.1 Historia del café

Se conocen como café los granos obtenidos de unas plantas perennes tropicales (cafetos), morfológicamente muy variables, los cuales, tostados y molidos, son usados principalmente para preparar y tomar como una infusión.

El género pertenece a la familia de las Rubiáceas (Rubiaceae), que tiene alrededor de 500 géneros y más de 6000 especies, la mayoría árboles y arbustos. Los granos de café son las semillas de un fruto llamado popularmente cereza. Estas cerezas están compuestas por una cubierta exterior, el exocarpio, el cual determina el color del fruto; en el interior hay diferentes capas: el mesocarpio, es

una goma rica en azúcares adherida a las semillas que se conoce como mucílago; el endocarpio es una capa amarillenta que cubre cada grano, llamada pergamino; la epidermis, una capa muy delgada conocida como la película plateada; y los granos o semillas, el endosperma, conocidos como el café verde, que son los que tuestan para preparar los diferentes tipos de café.



Taxonómicamente, todas estas plantas se clasifican como del género *Coffea*, y se caracterizan por una hendidura en la parte central de la semilla. Se encuentran desde pequeños arbustos hasta árboles de más de 10 m.; sus hojas, que son simples, opuestas y con estípulas, varían tanto en tamaño como en textura; sus flores son completas (en la misma flor se encuentran todos los órganos) blancas y tubulares; y los frutos, son unas drupas de diferentes formas, colores y tamaños, dentro de las cuales se encuentran la semillas, normalmente dos por fruto.



La primera descripción de una planta de café fue hecha en 1592 por Prospero Alpini y, un siglo después, Antoine de Jussieu (1713) la denominó *Jasminumarabicanum* (la consideró un jazmín). Fue Linneo (1737) quien la clasificó en un nuevo género, el género *Coffea*, con una sola especie conocida: *C. arábica*. Hoy, se reconocen 103 especies, sin embargo, sólo dos son responsables del 99% del comercio mundial: *Coffea arábica* y *Coffeacanephora*. Son originarias de África, o de Madagascar (incluido los Comores).

Los granos de café son las semillas de un fruto llamado popularmente cereza. Estas cerezas están compuestas por una cubierta exterior, el exocarpio, el cual determina el color del fruto; en el interior hay diferentes capas: el mesocarpio, es una goma rica en azúcares adherida a las semillas que se conoce como mucílago; el endocarpio es una capa amarillenta que cubre cada grano, llamada pergamino; la epidermis, una capa muy delgada conocida como la película plateada; y los granos o semillas, el endosperma, conocidos como el café verde, que son los que tuestan para preparar los diferentes tipos de café.

1.4.2 Consumo de café

El consumo de café se inició en Etiopía con la especie *C. arábica*. Al comienzo se prepararon infusiones con las hojas y frutos, mientras que los granos fueron, y aún lo son en parte del África, masticados. Es probable que las cerezas mezcladas en las infusiones o arrojadas al fuego les permitieran sentir un mayor aroma y un mejor sabor e iniciar su consumo moderno.

Fueron los Yemenitas quienes lo popularizaron y respecto de los comienzos de su uso se han difundido numerosas leyendas, de las cuales la más difundida es la que cuenta que un joven pastor llamado Kaldi. Este pastor un día notó en su rebaño, un comportamiento extraño: sus cabras saltaban y corrían contagiadas de una euforia desbordante. Al ver esta extraña conducta, la curiosidad llevó a Kaldi a observar que los animales cambiaban su comportamiento después de comer las hojas y los frutos de un arbusto que producía pequeñas cerezas rojas. Dice la fábula que el pequeño pastor probó los frutos y al poco tiempo se sintió poseído por una extraña alegría que los impulsaba a cantar y danzar. Kaldi llevó algunas ramas y frutos al superior de un convento ubicado en las cercanías de su campo de pastoreo. Contó al abad lo sucedido con su rebaño. El superior del convento accidentalmente echó los frutos al fuego y fue la primera vez que el hombre experimentó el aroma del café. Las más recientes versiones de la leyenda, indican que el pastor era oriundo de Etiopía, en tanto que las más antiguas sugieren que Kaldi estaba pastoreando en las montañas de la Península Arábiga. Es por ello que hasta mediados del siglo pasado se consideró que el café era originario de Arabia, lo que lo hace consistente con otras de las leyendas más conocidas que explican el origen del consumo de la bebida, como la de Shadhiliya y Omar.

1.4.3 Importancia del café en la economía.

El café es considerado como una de las materias primas más importantes a las que se les da seguimiento en la economía mundial. Es así como para muchos de los países menos adelantados del mundo, las exportaciones de café representan una parte fundamental de sus ingresos en divisas, en algunos casos más del 80% (Asociación Bancaria de Guatemala, 2012).

La producción cafetalera posee un alto valor económico y social, además la actividad desempeña un papel ambiental importante, ya que su producción se da bajo sistemas que mantienen una cubierta vegetal casi permanente sobre el suelo, reduciendo así los problemas de erosión. La combinación de los beneficios económicos, sociales y ambientales que genera el cultivo del café hace necesaria que los agentes involucrados en el sector promuevan los incentivos necesarios para apoyar la competitividad y crecimiento económico del grano.

El café proporciona las condiciones ideales para la cooperación internacional entre países productores y consumidores, con la cual se asegura una adecuada remuneración para los productores en tanto provee a los consumidores con café de calidad a precios accesibles (Barrera, Parra, Herrera, Jarquín&Pohlan, 2004).

La producción mundial de café verde promedio en el periodo 2000-2012 fue de 7 millones 964 mil toneladas. De este volumen, el 75 por ciento lo aportaron los diez principales países productores. Brasil ocupa el primer lugar al reportar el 30.5 por ciento de la producción total, seguido de Vietnam, Indonesia y Colombia con un aporte de 12.4, 8.1 y 7.8 por ciento de la producción mundial, respectivamente. La India y México ocupan el quinto lugar al representar el 3.5 por ciento de la oferta mundial de café.

Con base en la Tabla 1 durante el periodo 2000-2012, México tuvo una producción promedio de 282 mil 569 toneladas de café verde. Sin embargo, registró una Tasa Media de Crecimiento Anual (TMCA) negativa -2.61 por ciento. A diferencia de sus principales competidores quienes presentaron una TMCA positiva.

Tabla 1. Principales países productores de café verde, 2000-2012 (Millares de toneladas)

| País | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | Promedio 2000-20012 | TMCA % |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------------|--------|
| Brasil | 1,904 | 1,820 | 2,650 | 1,987 | 2,466 | 2,140 | 2,573 | 2,249 | 2,797 | 2,440 | 2,907 | 2,700 | 3,038 | 2,436.2 | 3.97 |
| VietNam | 803 | 841 | 700 | 794 | 914 | 831 | 985 | 1,251 | 1,056 | 1,058 | 1,106 | 1,277 | 1,292 | 993.7 | 4.05 |
| Indonesia | 555 | 569 | 682 | 664 | 647 | 640 | 682 | 676 | 698 | 683 | 684 | 639 | 657 | 652.0 | 1.42 |
| Colombia | 637 | 656 | 697 | 694 | 674 | 667 | 725 | 757 | 689 | 469 | 535 | 469 | 465 | 626.7 | -2.60 |
| India | 292 | 301 | 301 | 275 | 271 | 276 | 274 | 288 | 262 | 262 | 290 | 302 | 314 | 285.2 | 0.61 |
| México | 338 | 303 | 313 | 311 | 312 | 294 | 280 | 269 | 260 | 264 | 245 | 237 | 246 | 283.6 | -2.61 |
| Guatemala | 312 | 276 | 222 | 244 | 250 | 248 | 235 | 244 | 248 | 249 | 248 | 243 | 248 | 251.3 | -1.90 |
| Perú | 192 | 196 | 213 | 203 | 231 | 189 | 273 | 226 | 274 | 243 | 265 | 332 | 303 | 242.5 | 3.90 |
| Etiopía | 230 | 157 | 160 | 126 | 156 | 172 | 241 | 273 | 260 | 265 | 371 | 377 | 276 | 236.7 | 1.52 |
| Honduras | 193 | 206 | 173 | 175 | 185 | 191 | 214 | 236 | 241 | 231 | 229 | 282 | 300 | 220.7 | 3.73 |

Fuente: Elaboración propia con datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO. Fecha de consulta: Abril, 2014.

Con base en el registro del Padrón Nacional Cafetalero (PNC), el cultivo del café en México se desarrolla en 12 estados, 404 municipios, 4 mil 572 localidades, por 510 mil 544 productores y en 675 mil 258 hectáreas (AMECAFÉ-SIAP).

La producción de café se agrupa en cuatro regiones (SIAP, 2014):

- Vertiente del Golfo: comprende los estados de San Luis Potosí, Hidalgo, Puebla, México y Veracruz.
- Vertiente del Océano Pacífico: a esta pertenecen los estados de Colima, Guerrero, Jalisco, Nayarit y parte de Oaxaca.
- Región Soconusco: integrada por una gran proporción del estado de Chiapas, destacando la producción de café orgánico, el cual es altamente demandado en los mercados norteamericanos y europeos.
- Región Centro Norte de Chiapas

La caficultura se practica a altitudes que van desde los 300 hasta casi los 2000 metros sobre el nivel del mar en zonas que exhiben una gran variedad de climas, suelo y tipos de vegetación. No obstante, la elevación más indicada para la producción del café se sitúa entre los 600 y 1200 metros, en zonas fundamentalmente semiáridas y justo en la franja de transición entre las regiones ecológicas tropical y templada (CIMAT, 2006).

| Entidad | Producción (Toneladas) | Rendimiento (Toneladas/Ha) | Valor Producción (Miles de Pesos) | Producción ECV (Toneladas) | Producción ECV (Sacos de 60 Kg) |
|-----------------|------------------------|----------------------------|-----------------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| Chiapas | 532,582.79 | 2.09 | 3,481,899,684.22 | 98,048.49 | 1,634,141.53 |
| Veracruz | 369,455.21 | 2.65 | 2,584,749,838.42 | 68,016.70 | 1,133,611.74 |
| Puebla | 202,947.48 | 3.43 | 1,564,469,924.11 | 37,362.63 | 622,710.52 |
| Oaxaca | 117,439.81 | 0.94 | 440,579,491.44 | 21,620.67 | 360,344.48 |
| Guerrero | 48,447.37 | 1.03 | 186,851,849.40 | 8,919.16 | 148,652.68 |
| Hidalgo | 32,880.30 | 1.25 | 212,070,140.00 | 6,053.26 | 100,887.72 |
| San Luis Potosí | 11,829.87 | 0.70 | 18,784,136.00 | 2,177.88 | 36,297.98 |
| Nayarit | 10,785.20 | 0.58 | 90,265,603.59 | 1,985.56 | 33,092.59 |
| Jalisco | 5,311.38 | 1.33 | 33,419,020.20 | 977.83 | 16,297.08 |
| Colima | 2,043.58 | 0.82 | 16,366,251.20 | 376.22 | 6,270.38 |
| Tabasco | 953.68 | 0.92 | 7,131,360.75 | 175.57 | 2,926.21 |
| Querétaro | 108.00 | 0.40 | 972,000.00 | 19.88 | 331.38 |
| Nacional | 1,336,882.11 | 1.92 | 8,647,580,349.05 | 242,510.41 | 4,041,840.25 |

Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP. Nota: ECV se refiere al "equivalente en café verde", para su cálculo se consideró que 1 Kg. de café cereza es igual a 0.1841 Kg. de café verde.

Chiapas es el líder en producción de café, además presenta un rendimiento por hectárea superior al promedio mundial, sus condiciones en este rubro son similares a países como Vietnam y China. Con una superficie sembrada equivalente a 260 129.43 ha, con aproximadamente 180 856 productores cafetaleros y 402 099.78 T de producción en el ciclo 2014 (SIAP, 2014).

Chiapas es un estado con una gran tradición en el cultivo y la comercialización del café. La variedad de café que más se produce en él (al igual que en el resto del país) es la denominada "arábiga" también se cultiva el café "robusta" que es la

otra especie que se produce comercialmente en el mundo y se usa sobre todo en la industria de los cafés solubles (Barrera & Parra, 2012).

El café orgánico puede definirse como el producto obtenido a través de un proceso productivo en el que los agroquímicos son sustituidos por elementos orgánicos e involucra prácticas para evitar la erosión del suelo, mejorar la fertilidad, mantener la biodiversidad, rejuvenecer plantaciones y el manejo integrado del agroecosistema para el control de hierbas, plagas y enfermedades. Implica también una rigurosa realización de las labores de cosecha, beneficio, almacenamiento y transporte a fin de obtener un producto de alta calidad (Trápaga y Torres, 1994).

1.4.3.1 El café en México.

En México existen las condiciones ideales para el cultivo, sobre todo en zonas montañosas del Sureste con altitudes mayores a 900 m.s.n.m. y temperaturas promedio de 17.5 a 25.3°C, que son óptimas para el cafeto, lluvias repartidas en el año con una precipitación promedio de 2,280mm y una insolación efectiva de 4.9-5.2 horas diarias con buen manejo de sombra.

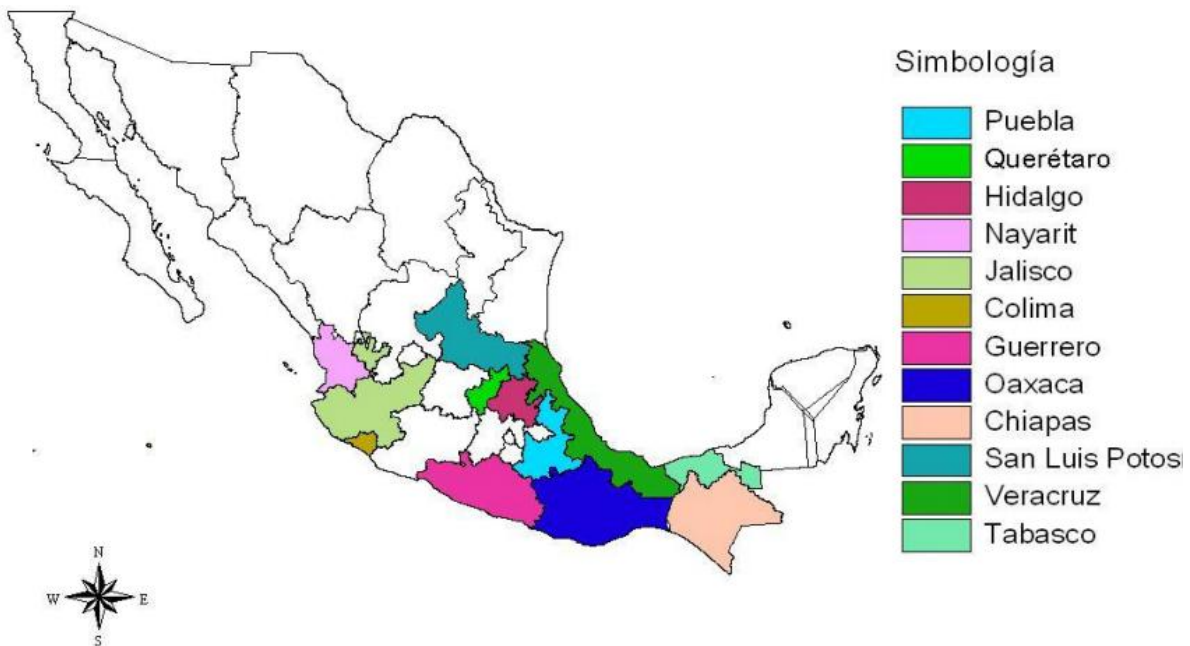
De ahí que la producción de café se realiza de forma importante en 12 Estados de la República agrupados en 2 vertientes y 2 zonas de cultivo con características similares. Éstas son:

- Vertiente del Golfo de México (San Luis Potosí, Querétaro, Hidalgo, Puebla, Veracruz y la parte norte de Oaxaca y Tabasco).
- Vertiente del Océano Pacífico (Colima, Guerrero, Jalisco, Nayarit y parte de Oaxaca).
- Región Soconusco (gran parte del estado de Chiapas).
- Región Centro Norte (la zona que recibe los vientos húmedos del Golfo de México).

1.4.3.2 Distribución geográfica de la producción de café en México.

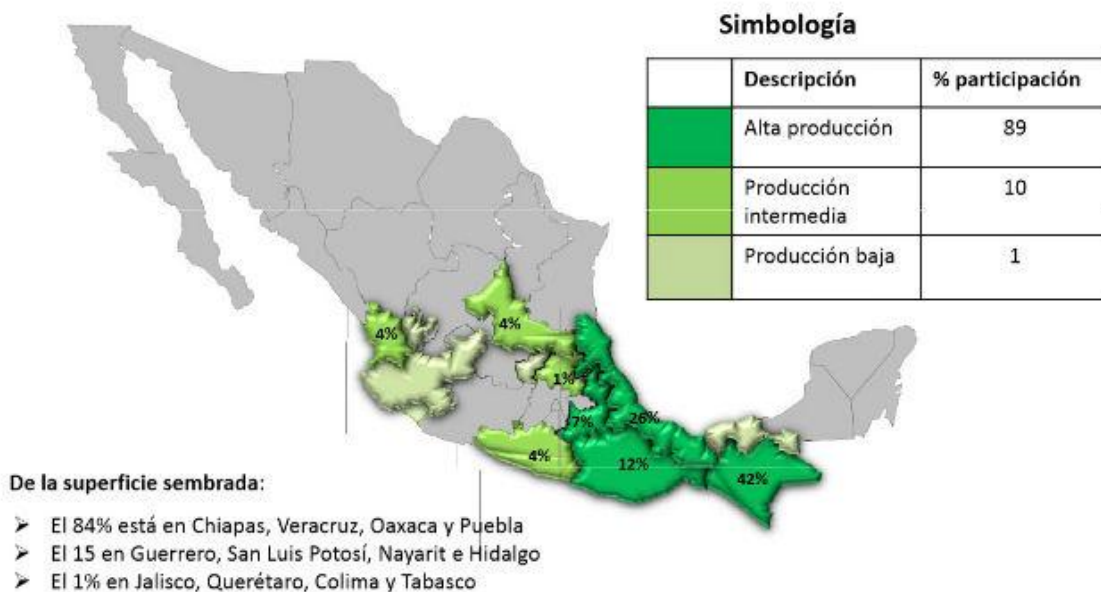
Desde el punto de vista biológico, las áreas cafetaleras coinciden con las regiones más ricas y diversas en flora y fauna. La mayoría de las regiones cafetaleras se ubican en tierras de origen volcánico. El 40% de la producción en México se realiza en áreas con selvas altas y medianas, el 23% en bosques de pino y encino, el 21% en selvas bajas caducifolias y el 15% en bosques mesófilos de montaña. El ciclo cafetalero para México inicia en octubre y termina en septiembre, aunque la

Estados Cafetaleros



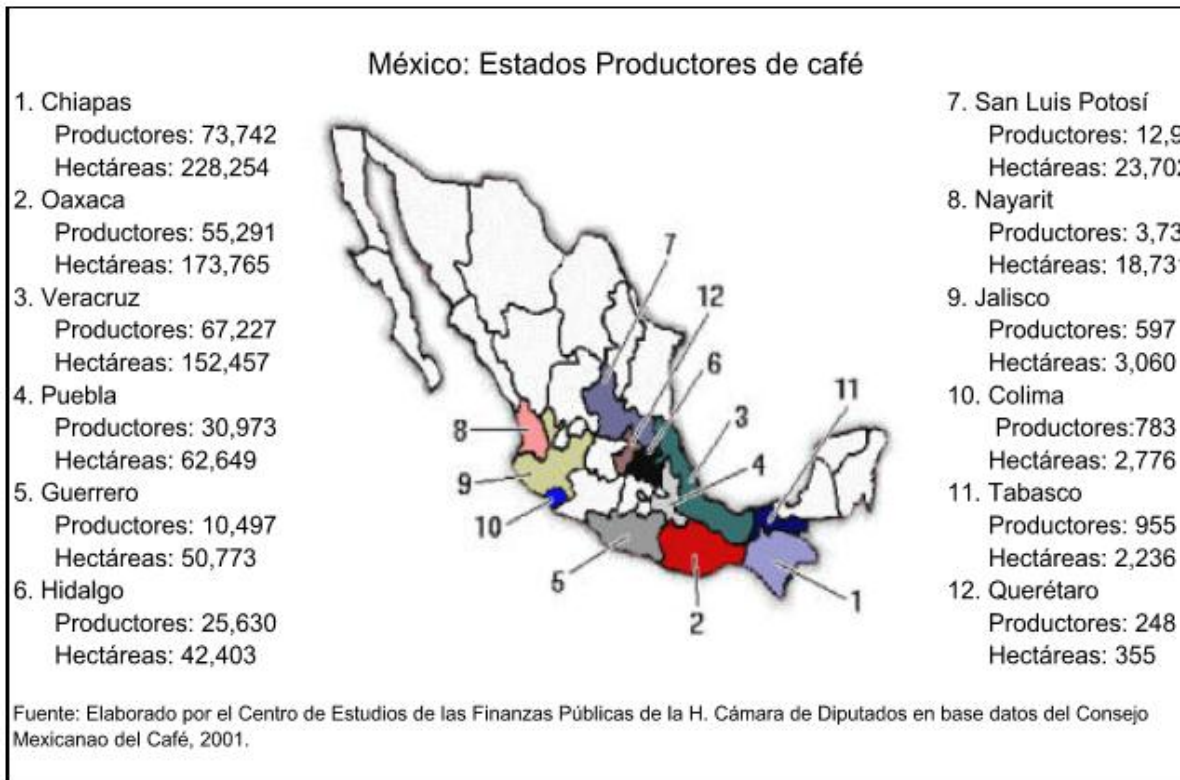
cosecha del café se realiza principalmente de noviembre a marzo. La recolección de café es de manera manual y se recolecta grano por grano. En el año se pueden dar hasta tres o cuatro floraciones lo que condiciona el número de cortes de granos maduros en la época de cosecha.

Distribución de la producción de Café Convencional 2011/12 por estado



1.4.3.3 La producción de café en México

Las regiones cafetaleras se concentran en zonas: las vertientes del Golfo de México y del Océano Pacífico, la zona Centro-Norte y la del Soconusco en Chiapas, en el sureste mexicano, que en conjunto abarcan 398 municipios en los 12 estados productores. Las especies de arbusto del café que se cultivan en el país son dos: la arábica, árabe o arábica y la robusta o caníffora. Aproximadamente el 98% de los cafetos son variedades arábicas como la Bourbon, Caturra, Mragogipe, Mundo Novo, Garnica y Typica; siendo esta última la que predominaba en México hasta hace poco, sin embargo, actualmente se le está reemplazando por variedades de porte bajo y mayor producción como la Catimor y Catuai. Cada variedad posee diferencias de calidad, volumen producido, rendimiento, resistencia a las plagas y a las enfermedades, aroma, acidez, etc.



El café en México es cultivado en tierras privadas, comunales y ejidales, donde los mayores contrastes en el tamaño de las tierras se encuentran en el sector privado. En Veracruz y Puebla la mayoría de las plantaciones de café son privadas, mientras que en Chiapas dominan los ejidos, y en Oaxaca las tierras comunales, el 91% de las tierras privadas se concentran en esos 4 estados, el 73% de las tierras comunales y el 76% de las tierras ejidales.

En el ámbito nacional predominan los ejidatarios con 39% de la tierra, seguidos por los pequeños propietarios con 35%, los comuneros con 21% y los tipos de usufructo, arrendatarios y tenencia indefinida con 4%. En el área cafetalera aparece en forma compacta o continua desde la frontera con Guatemala hasta el municipio de Escuintla. Hasta este municipio abarca el 96% de la superficie sembrada con café, siendo además la zona donde la superficie sembrada de café representa más del 50% de la superficie total que poseen los productores de café.

1.4.3.4 Cafeticultora en la selva-norte de Chiapas

En la región cafetalera Selva-Norte de Chiapas, que comprende los municipios de Yajalón, Chilón, Tila y Tumbalá, productores tzeltales y choles nos muestran una expresión local de la cafeticultura orgánica. Estos productores comparten lazos históricos, culturales, políticos, lingüísticos, comerciales, económicos y, sobre todo, una tradición productiva que los vincula con el cultivo del aromático desde finales del siglo XIX. En la actualidad realizan el cultivo del grano bajo técnicas orgánicas de producción a través de un paquete tecnológico que ofrece un Despacho de Consultoría Técnica asentado en Yajalón.

La ciudad de Yajalón es el principal centro receptor de café de la región; también funge como cabecera distrital estatal, jurídica y hacendaria. Constituye el principal centro comercial regional; los habitantes de poblados cercanos llegan para vender diversos productos agrícolas, así como para abastecerse de insumos y herramientas; cuenta con una mayor infraestructura administrativa, comercial, educativa y de servicios que el resto de los municipios vecinos. La principal actividad económica de Yajalón es la agricultura, y el café es el cultivo más importante en términos económicos porque se destina en su totalidad al comercio. En este ámbito existe la presencia de varias empresas con capital foráneo dedicadas al acopio de café, actividad que genera una derrama económica complementaria a otras actividades como el transporte (Aguilar 2005: 104).

1.4.4 Cascabillo de café

El cascabillo de café también llamada cisco es una envoltura cartilaginosa de color blanco amarillento de aproximadamente 100 micrómetros de espesor y que corresponde al endocarpio (pergamino) del fruto, la semilla se encuentra en una forma suelta dentro de esta. (Palacios & Betancurt, 2005). Esta se extrae mediante el proceso de trillado donde ocurre una separación, a continuación se presentan las características físicas y químicas.

1.4.4.1 Propiedades del cascabillo del café

Para aprovechar de manera eficiente este residuo y someter el mismo a un sinnúmero de tratamientos con la finalidad de obtener productos orgánicos, es necesario conocer las propiedades tanto químicas como físicas de la cascarilla del café, ya que dichas características determinan el tipo de combustible o subproducto energético que se puede generar.

Según (Orozco, Cantarero, & Rodríguez M) la cascarilla de café tiene la siguiente composición química: contenido de humedad de 7,6%, materia seca 92,8%, extracto etéreo 0,6%, nitrógeno 0,39%, cenizas 0,5%, extracto libre de nitrógeno 18,9%, calcio y Magnesio 150 mg y fósforo 28 mg.

De acuerdo a estudios realizados por (Palacios & Betancurt, 2005), el cisco o cascabillo del café presenta las siguientes propiedades:

- El poder calorífico es de aproximadamente 7458 Kcal/Kg.
- El porcentaje de cenizas es de aproximadamente 0.6%.
- Su humedad promedio es de 5.4 %.
- El Material volátil es de 87.7 %.
- Densidad aparente promedio 0.33 g / cm³.
- El tamaño de las partículas oscila entre 0.425 y 2.36 mm de diámetro.

Tomando en cuenta estas propiedades sobre todo el poder calorífico se puede considerar una materia prima apta para la elaboración de briquetas.

1.4.4.2 Usos del cascabillo del café

Por el alto contenido de celulosa y su poder calorífico la cascarilla de café se utiliza como material de combustión en el secado del café en algunos beneficios, al igual se ha centrado en las aplicaciones como el biocomposta y sustratos de algunos cultivos.

Como resultado de algunas investigaciones se encontró que a partir de este producto se puede obtener plásticos, cartones, briquetas y como ingrediente en concentrado para alimentación en búfalos, entre otras.(Salazar, Garcia, & Olaya).

1.4.5 Carbón activado

La primera aplicación industrial del carbón activado tuvo lugar en 1794, en Inglaterra, utilizándose como agente decolorizante en la industria del azúcar. Esta aplicación permaneció en secreto por 18 años hasta que en 1812 apareció la primera patente. En 184 tiene lugar la primera aplicación a gran escala del carbón activado para tratamiento de gases, cuando el alcalde de Londres ordena instalar filtros de carbón vegetal en los sistemas de ventilación de las cloacas. (Kayser, 1881).

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. Las características antes mencionadas son las responsables de sus propiedades adsorbentes, utilizadas en aplicaciones tanto en fase gaseosa como en fase líquida. El carbón activado, CA,

es un adsorbente muy versátil, porque el tamaño y distribución de sus poros en la estructura carbonosa pueden ser controlados para satisfacer las necesidades de la tecnología actual y futura. El área superficial del carbón activado varía dependiendo de la materia prima y del proceso de activación (Moreno-Castilla, 2004; Mozia y col., 2005; Nevskaja y col., 2004).

El carbón activado es un producto que posee una estructura cristalina reticular similar a la del grafito, solo que el orden en la estructura del carbón activado es menos perfecto; es extremadamente poroso y puede llegar a desarrollar áreas superficiales del orden de 500 a 1,500 metros cuadrados o más, por gramo de carbón. (AntonioCarvalledo, 2007)

El área de superficie del carbón activado varía dependiendo de la materia prima y del proceso de activación. Son las altas temperaturas, la atmosfera especial y la inyección de vapor del proceso de fabricación del carbón activado lo que activa y crea la porosidad, dejando mayormente una esponja de esqueleto de carbón.

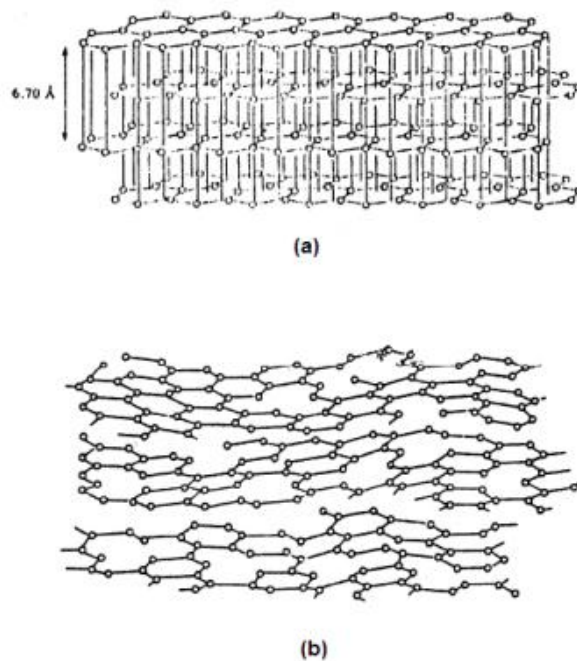


Figura 1. (a) Arreglo estructural de las capas planas del grafito, (b) Estructura propuesta de las capas de carbón activado.

Es conveniente analizar primero el proceso de adsorción para comprender mejor como el carbón activado realiza su función. La adsorción es un proceso por el cual los átomos en la superficie de un sólido atraen y retienen moléculas de otros compuestos. Estas fuerzas de atracción son conocidas como fuerzas de Van Der Waals. Por lo tanto, al ser un fenómeno que ocurre en la superficie mientras mayor sea el área superficial disponible tenga un sólido, mejor adsorbente podrá ser.

1.4.5.1 Propiedades químicas:

El carbón activado no sólo contiene carbono, sino también pequeñas cantidades de oxígeno, nitrógeno, azufre e hidrógeno, que están unidos químicamente en forma de diversos grupos funcionales, tales como carbonilo, carboxilo, fenol, lactona, quinona, y grupos éter. Estos óxidos superficiales a veces se derivan de la materia prima o que se pueden formar durante o después del proceso de activación por la acción del vapor de aire o agua.

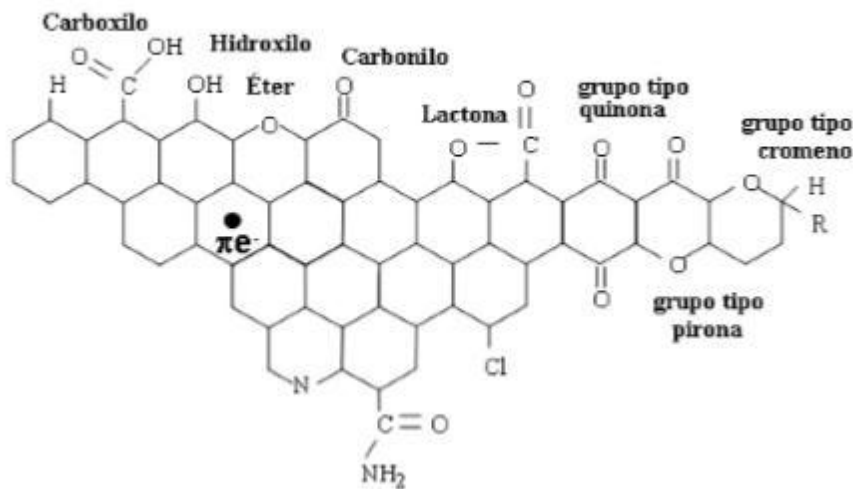
Todas las materias primas utilizadas para la producción de carbones activados contienen componentes minerales que se concentran durante el proceso de activación. Por otra parte, los productos químicos inorgánicos utilizados en la activación química a menudo se eliminan sólo de forma incompleta. El contenido de ceniza de muchos productos se reduce por el agua o el lavado con ácido. Por lo tanto, los productos comerciales contienen de unas pocas décimas de un porcentaje de hasta un 20% de cenizas. Los principales constituyentes de la ceniza son las sales de los metales alcalinos y alcalinotérreos, en su mayoría carbonatos y fosfatos, junto con óxidos de sílice, hierro y aluminio [1].

Las propiedades adsorbentes de los carbones activados no se ven sólo determinados por su estructura porosa sino también por su naturaleza química, ya que contienen en su estructura pequeñas cantidades de heteroátomos tales como oxígeno, hidrógeno o nitrógeno, lo que permite que sustancias polares sean débilmente retenidas sobre la superficie del carbón activado. Esto es debido a que

los átomos de carbono situados en los bordes de los planos presentan una alta actividad disponible, ya que no están saturados de átomos de carbono y poseen electrones libres. Estos sitios están normalmente unidos a heteroátomos dando lugar a grupos funcionales superficiales que pueden modificar sus propiedades adsorbentes. De estos grupos superficiales los que contienen oxígeno son los más usuales. Dada el área relativamente alta de fin de plano de los carbones activados presentan una fuerte propensión a quimisorber oxígeno. Este oxígeno molecular quimisorbido puede disociarse en átomos que reaccionen químicamente con átomos de carbono para formar compuestos oxigenados superficiales.

Este proceso de oxidación es más significativo en carbones activados tratados a altas temperaturas. El contenido superficial del oxígeno no se debe sólo a 7 reacciones con oxígeno, sino que puede reaccionar con otros gases o disoluciones oxidantes. Así, la superficie del carbón activado se conforma por oxidación con diferentes agentes oxidantes para crear grupos oxigenados superficiales, o mediante su eliminación por tratamiento térmico [8].

Los átomos de carbono de los planos basales, poseen orbitales π , que contienen electrones más o menos deslocalizados dentro de estos planos basales. La presencia o ausencia de los grupos superficiales, así como el mayor o menor grado de deslocalización de los electrones, afecta a las interacciones del carbón con otros elementos o compuestos.



Principales grupos funcionales presentes en la superficie de un carbón activado

La química superficial del carbón activado tiene una naturaleza anfótera debido a la coexistencia de grupos superficiales ácidos y básicos. Que un carbón sea globalmente ácido o básico dependerá de la concentración de estos grupos y de la fuerza como ácido o base de los mismos. El contenido de heteroátomos también puede modificar las propiedades ácido-base de las disoluciones que se ponen en contacto con el carbón, o puede aumentar la acidez superficial, posibilitando su actuación como catalizador. El que un carbón sea globalmente ácido o básico dependerá tanto de la concentración de estos grupos como de la fuerza como ácido o base de los mismos. De forma intuitiva, se puede deducir que un carbón de tipo básico será preferible para la adsorción de compuestos ácidos que un carbón de tipo ácido y viceversa.

Por otro lado, los grupos ácidos tienden a liberar protones, especialmente en los medios básicos, mientras que los grupos básicos tienden a captarlos cuando se encuentran en un medio ácido. De esta forma pueden aparecer cargas positivas o 8 negativas en la superficie del carbón. De forma genérica: si el pH del medio es mayor que el punto de carga cero del carbón (pHPZC, pH en el cual el número de cargas positivas es igual al de cargas negativas de forma tal que la carga neta sobre la superficie del carbón es cero), tendremos un predominio de las cargas negativas en la superficie del carbón; por el contrario, si $\text{pH} < \text{pHPZC}$ obtendremos

una superficie cargada positivamente. Las condiciones en las que un carbón tenga una carga neta negativa serán preferibles para adsorber cationes y aquellas en las que presente una carga neta positiva lo serán para adsorber aniones [9].

1.4.5.2 Estructura física

El carbón activo posee una estructura microcristalina que recuerda en cierta medida a la del grafito. Esta estructura que presenta el carbón activo da lugar normalmente a una distribución de tamaño de poro bien determinada. Así, se pueden distinguir tres tipos de poros según su radio: macroporos ($r > 25$ nm), mesoporos ($25 > r > 1$ nm) y microporos ($r < 1$ nm).

1.4.5.3 Aplicaciones

- ❖ Productos farmacéuticos
- ❖ Alimentos y bebidas
- ❖ En el hogar (elimina malos olores)
- ❖ Minería (recuperación de metales valiosos)
- ❖ Purificación de químicos y catalizadores

Las propiedades de adsorción del carbón activado son muy útiles en la eliminación de contaminantes del aire como de flujos de agua implicados en procesos industriales:

- ❖ Limpieza de vertidos
- ❖ Recuperación de aguas superficiales
- ❖ Tratamiento de Agua potable
- ❖ Purificación del Aire
- ❖ Recuperación de Solventes

1.4.6 El refresco de cola

En este apartado se menciona una breve historia de la Pepsi debido a que se utilizó como prueba de absorción del carbón activado, donde se determinó la absorción por diferencia de peso. La historia de Pepsi comienza en el año de 1893 en New Bern, Carolina del Norte. El inventor de esta bebida fue Caleb Bradham, un químico farmacéutico de New Bern en Carolina del Norte. En un inicio el refresco era conocido como: “Bebida de Brad”, se trataba de una mezcla de agua carbonatada, azúcar, pepsina, extracto de nuez de cola, vainilla y “aceites extraños”. El 28 de agosto de 1898, Caleb renombra su bebida al de “Pepsi-Cola” ya que combina dos ingredientes: pepsina y cola, en ese mismo año utiliza su primer logotipo. La pepsina fue la primera enzima animal en ser descubierta, en 1836 por Theodor Schwann. El objetivo de Bradham al formular la Pepsi-cola era crear un refresco que ayudara a la digestión y fuera un estimulante.

En 1902 con la creciente popularidad de la bebida se registra la marca y se funda la empresa.

En 1904 Bradham compra un almacén en New Bern para que ahí se hiciera la producción de la bebida, en un principio se vendía en botellas de seis onzas.

Las primeras franquicias de Pepsi-Cola se establecieron en Charlotte y Durham en Carolina del Norte en el año de 1905, para el siguiente año se otorgan 15 concesiones. En 1910 ya existían 250 franquicias en 24 por todo Estados Unidos.

La Primera Guerra Mundial trajo varios estragos para la compañía ya que el precio del azúcar subió considerablemente y esto afectó su producción, esta fue una causa para que Bradham vendiera su empresa a Craven Holdings Corporation, él fue el primero de varios dueños. En 1923 la compañía se traslada de New Bern, Carolina del Norte a Richmond, Virginia.

A pesar de todo el esfuerzo, la empresa se declaró en quiebra y el Sr. Charles G. Guth fue quien la compró, él era dueño de una cadena de dulces y fuente de sodas de la costa oeste llamada LoftIncorporated, Guth deseaba reemplazar

a Coca-Cola como suministrador después que le denegaran un descuento en el concentrado; tras la venta, Loft reformuló la receta de Pepsi-Cola para que se pareciera más a Coca-Cola.

Durante la Gran Depresión, Pepsi-Cola se volvió el Segundo refresco más famoso del mundo (detrás de Coca-Cola), razón por la cual Guth decidió ofrecer el doble de Pepsi-Cola por el mismo precio (una botella de 12 onzas por solo 5 centavos), la respuesta de los consumidores fue muy buena y así fue como Pepsi-cola siguió prosperando.

En 1930 Pepsi-cola comienza a expandirse internacionalmente, la marca Pepsi-Cola se registra en América Latina y la Unión Soviética y se dieron franquicias para embotellar la bebida en Canadá.

Conocida al principio como *Brad Drink* (en español: «Refresco De Brad»), en 1898 su creador la denominó Pepsi Cola, en alusión a la enzima digestiva pepsina y las nueces de cola usadas en la receta. El objetivo de Bradham era crear un refresco delicioso que ayudara a la digestión y fuera un estimulante.

1.4.6.1 Composición

La gaseosa se compone de: agua carbonatada, jarabe de maíz de alta fructosa, color de caramelo, ácido fosfórico, cafeína, ácido cítrico, sabores naturales, azúcar, vainilla, aceites, pepsina, y granos de nuez de cola.

Al igual que con la Coca-Cola, ya sabe de qué está hecha la Pepsi contrario de lo que cree la gente. Básicamente los fabricantes de Pepsi Cola lo que hacen es destilar la Coca-Cola y luego volverla a unir solo que poniéndole más azúcar quedando la fórmula de esta manera

$$(3.141x2) + NS/69 - E$$

1.4.6.2 Sabor.

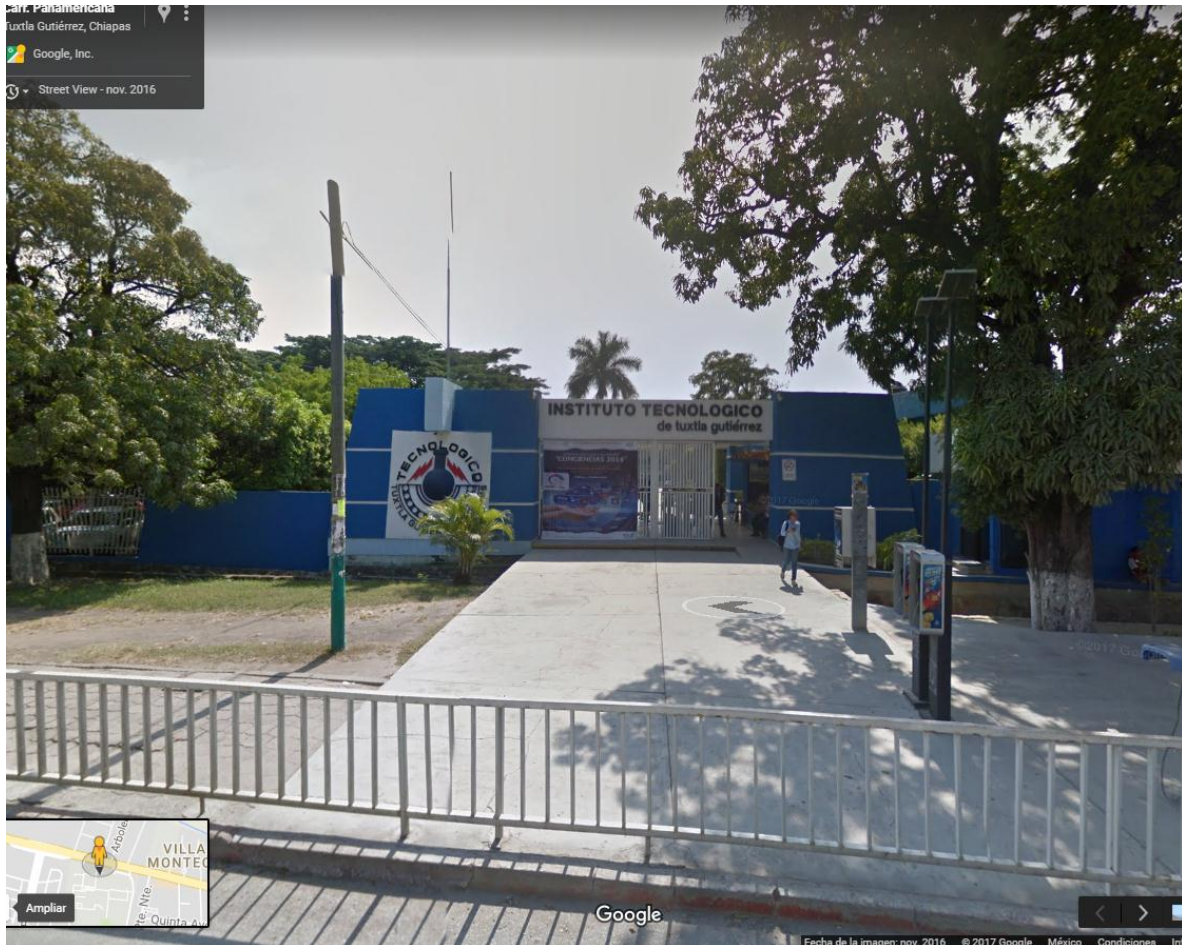
Es por ello que el sabor de la Coca-Cola es una aproximación del sabor de la Pepsi, no obstante mucha gente supone lo contrario, que el sabor de la Coca-Cola (debido a extensas campañas de publicidad que le carcomen el cerebro), sólo es una aproximación del sabor de la Pepsi, o sea que el ingrediente secreto de la Coca-Cola es Pepsi.

Otro ingrediente importante en la fórmula es el Pepto-Bismol, este medicamento rosado le confiere a la Pepsi la propiedad de ser un superlaxante, de hecho el nombre Pepsi deriva de Pepto-Bismol.

1.5 Ubicación de área de trabajo

Dirección: código postal 29020, Carr. Panamericana KM 1080, Bulevares, Tuxtla Gutiérrez, Chis.

Teléfono: 01 961 615 0461



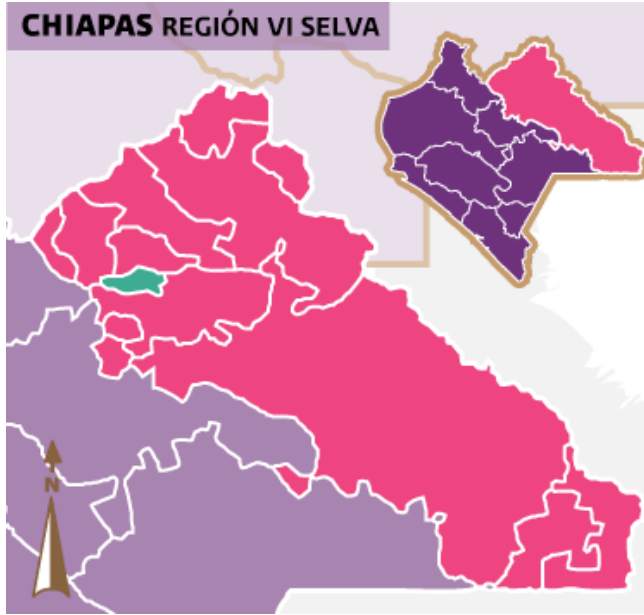
COORDENADAS:

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez

Coordenadas 16° 46' 0" N, 93° 5' 0" W En decimal 16.766667°, -
93.083333°

1.5.1 Localización de la materia prima (cascabillo) Yajalón, Chiapas.

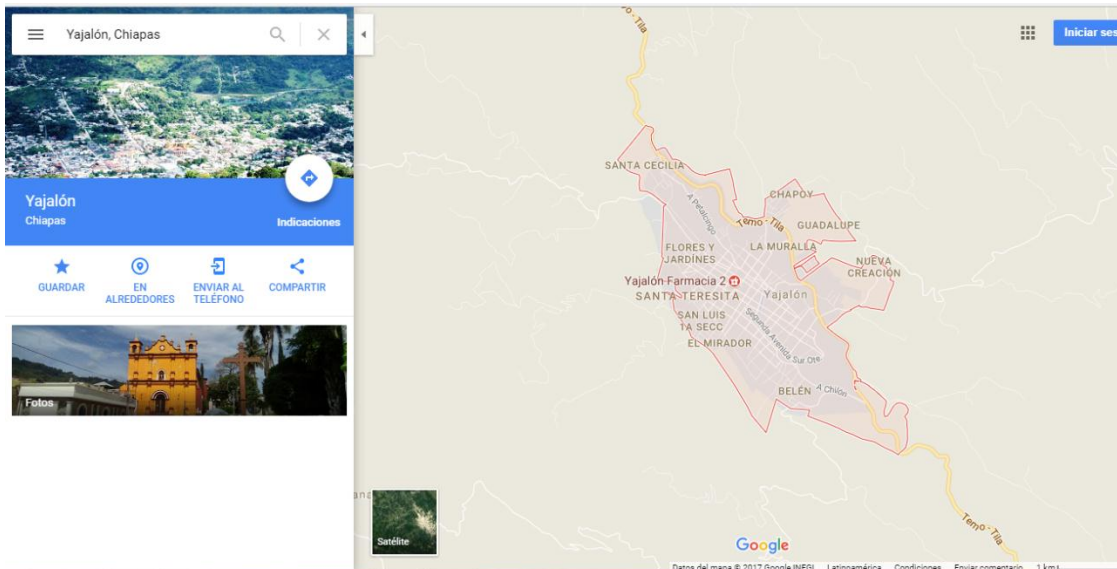
LOCALIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA (CASCABILLO DE CAFÉ)



Se encuentra asentado en las Montañas del Norte, predominando el relieve montañoso. Sus coordenadas geográficas son 17° 10" N y 92° 20" W.

Limita al norte con Tumbalá y Tila, al este con Chilón, al sur con Chilón y al oeste con Tila.

EXTENSIÓN Su extensión territorial es de 210.18 km², lo que representa el 0.21% de la superficie estatal, su altitud es de 800 msnm.



COORDENADAS: Latitud de Yajalón es 25.75 et la longitud del valle de Yajalón est - 103.1833.

CAPÍTULO 2

2 Materiales y métodos

2.1 Materiales

Se empleó cascabillo de café como precursor de carbón activado este material se obtuvo en las piladoras de café tostados de Yajalón Chiapas.

2.2 Metodología experimental

2.2.1 Métodos de Obtención de carbón activado de acuerdo a la bibliografía

Para la obtención del carbón activado se siguió un procedimiento semejante al descrito por. Girgis, L. y T.A.M. (1994) y Morales Téllez (2011) los cuales empleaban materias primas como la cascara de Coco y la cachaza de la caña de azúcar. En el caso de este proyecto se implementó nuevos pasos en el proceso para una mejor producción, los procedimientos a seguir se modificó por razón de área de trabajo, los equipos que se emplearon y condición de la materia prima, el procedimiento de la bibliografía son los más utilizados a nivel industrial y laboratorio, además de que sirven como base para procesos más elaborados. (Solis Fuentes, 2012)

2.2.2 Método físico

Muestras secas de 40 g de cada uno de los residuos agroindustriales estudiados se colocaron en cápsulas de porcelana y se carbonizaron en una mufla a temperatura de 600°C, con tiempos de tratamiento de un minuto por cada gramo de muestra. Las muestras así tratadas y una vez equilibradas térmicamente con la temperatura ambiente, se pulverizaron en mortero, se depositaron en bolsas de polietileno y se almacenaron bajo condiciones de refrigeración hasta su análisis y/o uso.

2.2.3 Método químico

Se pesaron 40 g de cada muestra y se adicionaron 150 ml de ácido fosfórico al 20 ó 40%. El material impregnado se dejó 16 horas en contacto. Transcurrido el tiempo de activación, se carbonizó la muestra en mufla eléctrica a 500 °C durante una hora. El material carbonizado obtenido se dejó enfriar a temperatura ambiente y fue lavado varias veces con suficiente agua destilada caliente (70-80°C) y solución alcalina de NaOH 0.1 mol/L hasta ajustar su pH entre 6.5 y 7. Posteriormente, el carbón activado se colocó a 110°C en una estufa por lapso de 48 horas para remover la humedad presente. Finalmente, se pulverizó en un mortero con pistilo y se almacenó en un frasco de plástico con tapa hasta el día de su utilización. Para el caso de la activación química de las muestras con ácido fosfórico al 85%, se añadió 1 ml de ácido por cada gramo de muestra y el residuo impregnado se calentó en una parrilla eléctrica a una temperatura de 120°C durante 24 horas. Posteriormente, las muestras así tratadas se enjuagaron con agua destilada para retirar los residuos del ácido y se siguió el mismo procedimiento citado anteriormente. El carbón de bagazo de caña se activó también utilizando cloruro de zinc como agente activante, siguiendo un procedimiento semejante al anteriormente descrito. (Girgis, L., & T.A.M., 1994) (Morales Tellez, 2011)

2.3 Procedimiento empleado

El cascabillo de café se realizó el pretratamiento debido de algunas partículas extrañas, donde las muestras fueron tratadas por activación física y química.

2.3.1 Activación física

Se tomaron muestras secas de 20g de cascabillo de café, se colocaron en cápsulas de porcelana y se carbonizaron en una mufla digital a temperatura de 300 °C, con tiempos de tratamiento de 20 minutos por cada 20g de muestra. Una vez realizado esto, se deja que la muestra se enfríe hasta que se equilibre térmicamente con la temperatura del ambiente, después se pulverizó la muestra en un mortero y se almacenó en bolsas de polietileno.

2.3.2 Activación Química

Para este método se tomaron 20 g de muestra adicionando ácido a una concentración de 85 % de ácido fosfórico, con una relación de 1 ml de ácido por gramo de muestra pesado, se colocó en una estufa a 100 °C durante 24 h.

Transcurrido el tiempo de activación se carbonizaron en una mufla a 500 °C durante 30 minutos. Una vez terminado esto se dejó enfriar la muestra a temperatura ambiente, posteriormente pasó por un proceso de lavado con agua destilada caliente (70 – 80 °C) y con una solución alcalina de NaOH 0.1 M hasta que tuviese un pH aproximado a 7. Se colocaron en una estufa por un lapso de 48 horas para remover la humedad. Finalmente se pulverizaron en un mortero con pistilo y se almacenaron en bolsas de polietileno hasta su utilización.

2.4 Análisis de resultados

El carbón activado fue analizado en su contenido de humedad, cenizas y densidad aparente, utilizando las normas mexicanas correspondientes. (Secretaría de Economía, 2011)

2.4.1 Análisis de humedad: NMX-f-279-SCFI-2011

Para el análisis de humedad primero se pesó una capsula de porcelana vacía y después se pesaron 1g de carbón, una vez hecho esto se ingresó a una estufa con una temperatura de 150 °C hasta tener un peso constante de las muestras, el tiempo fue de 3 horas.

Pasado este tiempo, se dejó enfriar hasta la temperatura ambiente en un desecador y después se pesó en un tiempo no mayor a 2 minutos.

Con los datos obtenidos se realizaron los cálculos necesarios para obtener el porcentaje de humedad.

$$\%Humedad = \frac{(P_H - P_S)}{P_H} \times 100$$

P_H = es el peso de la muestra húmeda en g.

P_S = es el peso de la muestra seca en g.

2.4.2 Análisis de cenizas: NMX-f-284-SCFI-2011

En el análisis de cenizas primero se calentó una cápsula de porcelana en la mufla a 650 °C durante una hora. Una vez transcurrido este tiempo se dejó enfriar hasta una temperatura de 150 °C. Después de esto se pesó dicha cápsula y después se colocó 0.1g de carbón, y se volvió a colocar en la mufla por un tiempo de 4 horas a 650 °C \pm 25 °C. Una vez transcurrido el tiempo se retiró de la mufla y se pesó.

Con los datos obtenidos se calculó la cantidad de cenizas en el carbón.

$$\% \text{Cenizas Totales (en base seca)} = \frac{100 (A - B)}{P}$$

A= es el peso en g del crisol con cenizas.

B= es el peso en g del crisol vacío.

P= es el peso en g de la muestra (en base seca).

2.4.3 Análisis de densidad aparente: NMX-f-279-SCFI-2011

El análisis de la densidad aparente se realizó pesando una probeta de 10mL después se midió su volumen total, una vez hecho esto, se rellenó la probeta de carbón activado hasta el volumen antes definido, homogenizando la muestra, posteriormente se pesó la probeta llena. A partir de estos datos se realizaron los cálculos del porcentaje de humedad.

$$D_a = \frac{G_2 - G_1}{V}$$

Donde:

D_a= es la densidad aparente de g/ml.

G_1 = es el peso de la probeta vacía, en g.

G_2 = es el peso de la probeta con la muestra homogeneizada de carbón, en g.

V= volumen de la probeta hasta el enrase.

2.5 Determinación de la absorción del carbón activado con refresco (Pepsi)

1.- Con ayuda de una balanza analítica se pesó el crisol.

2.- Se pesaron 50 mg de carbón en la balanza analítica y después se vació en los tubos de ensayo (11 tubos).

3.- Enseguida se agregó 5 ml de Pepsi en los tubos de ensayo, posteriormente se tapó.

4.- La muestra se agito a diferentes tiempos de contacto.

5.- En el proceso de filtración se utilizó papel filtro.

6.- Después de la filtración, la muestra retenida en el papel filtro se vació en un crisol para disminuir la humedad contenida de dicho fluido, se utiliza una estufa por 24 horas a 150°C.

7.- Posteriormente se realizó el balance de residuos impregnado en el papel filtro.

8.-Se pesó el crisol en la balanza analítica para ver la diferencia de peso en las muestras.

2.6 Determinación del pH

Los grupos químicos activos de la superficie de los carbones activados pueden alterar el pH de los líquidos en el cual es añadido. Para la determinación del pH es necesario pulverizar el carbón activado granular sin secar.

2.6.1 Procedimiento empleado

Pesar 4 g de carbón en un *beaker* de 250 ml, añadir 100 ml de agua destilada libre de dióxido de carbono (CO₂), cubrir con una tapa de vidrio y hervir por 5 minutos.

Insertar un termómetro y poner en reposo la solución para permitir que las partículas se asienten. Verter el líquido sobrenadante antes que la temperatura descienda los 60 °C.

Enfriar la porción decantada a temperatura ambiente y medir el pH con un valor decimal. (Rev. Cubana Quím., vol. 29, no. 1, enero-abril, 2017. E-ISSN 2224-5421)

CAPÍTULO 3

3 RESULTADOS

3.1 Rendimiento activación física

El rendimiento es la cantidad de masa del adsorbente en base seca después de la activación y lavado con agua destilada.

$$\text{rendimiento} = m_{s\ ca} / m_{s\ prec.}$$

Donde $m_{s\ ca}$ = masa seca de carbón activado g.

$m_{s\ prec.}$ = masa seca del precursor con o sin aglutinante g.

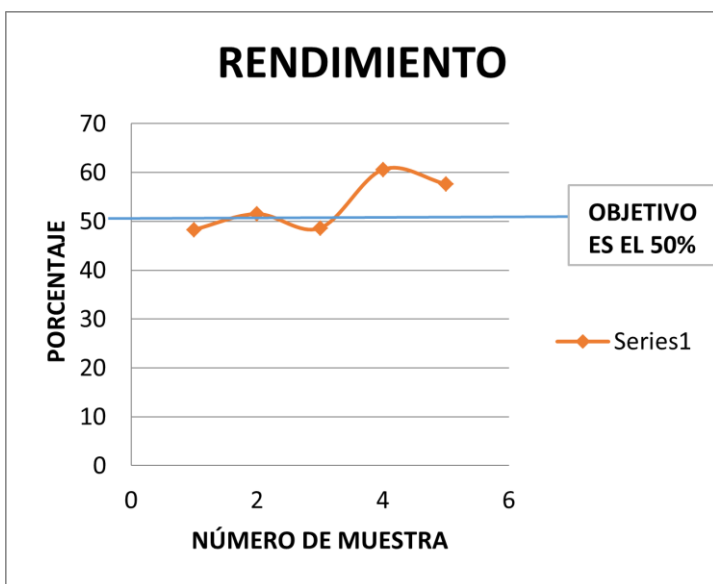
Después de la activación realizada en la mufla se obtuvieron las cantidades de carbón activado a base seca a un rendimiento aceptable al objetivo. En la siguiente tabla se muestran el rendimiento del producto final en el proceso de activación física.

| | | |
|-----------------------------------|-----|-----|
| TEMPERATURA DE LA MÚFLA: | 400 | °C |
| CANTIDAD DE MUESTRA: | 20 | Gr |
| TIEMPO DE ACTIVACIÓN EN LA MUFLA: | 20 | Min |

RENDIMIENTO DEL PRODUCTO OBTENIDO EN ACTIVACIÓN FÍSICA

| PRUEBA | PESO DEL CRISOL (g) | CANTIDAD DE MUESTRA (g) | PESO DEL CRISOL CON CARBÓN ACTIVADO(g) | CARBÓN OBTENIDO (g) | RENDIMIENTO % |
|--------|---------------------|-------------------------|--|---------------------|---------------|
| 1 | 44.758 | 20 | 54.42 | 9.662 | 48.31 |
| 2 | 46.076 | 20 | 56.38 | 10.304 | 51.52 |
| 3 | 47.675 | 20 | 57.4 | 9.725 | 48.625 |
| 4 | 65.366 | 20 | 77.49 | 12.124 | 60.62 |
| 5 | 46.066 | 20 | 57.593 | 11.527 | 57.635 |

Gráfica: 1



Gráfica 1 Comportamiento del rendimiento de acuerdo al objetivo planteado.

3.2 caracterización del carbón activado para activación física

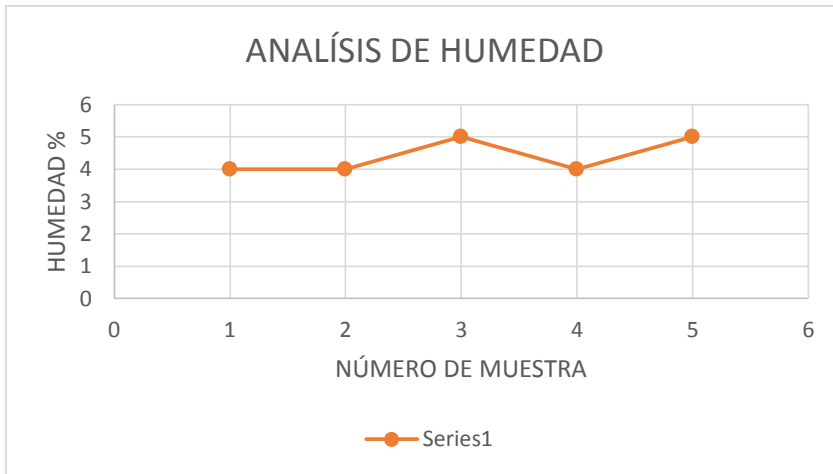
3.2.1 Análisis de humedad: NMX-f-279-SCFI-2011

De acuerdo al resultado obtenido el carbón activado no contiene mucha humedad y se acepta como óptimo de acuerdo a las normas de calidad.

| ANÁLISIS DE HUMEDAD ACTIVACIÓN FÍSICA | | | | | | |
|---------------------------------------|-----------------|---------------------|-------------------------|-----------------------|-------------|-----------|
| PRUEBA | PESO HUMEDA (g) | PESO DEL CRISOL (g) | PESO TOTAL OBTENIDO (g) | PESO MUESTRA SECA (g) | HUMEDAD (g) | HUMEDAD % |
| 1 | 1 | 8.83 | 9.79 | 0.96 | 0.04 | 4 |
| 2 | 1 | 10.72 | 11.68 | 0.96 | 0.04 | 4 |
| 3 | 1 | 12.94 | 13.89 | 0.95 | 0.05 | 5 |
| 4 | 1 | 29.42 | 30.38 | 0.96 | 0.04 | 4 |
| 5 | 1 | 33.99 | 34.94 | 0.95 | 0.05 | 5 |

| PROMEDIO | VARIANZA | DESVIACIÓN ESTANDAR | MEDIA ARITMÉTICA |
|----------|----------|---------------------|------------------|
| 4.4 | 0.24 | 0.489897949 | 4.4 |

Gráfica: 2



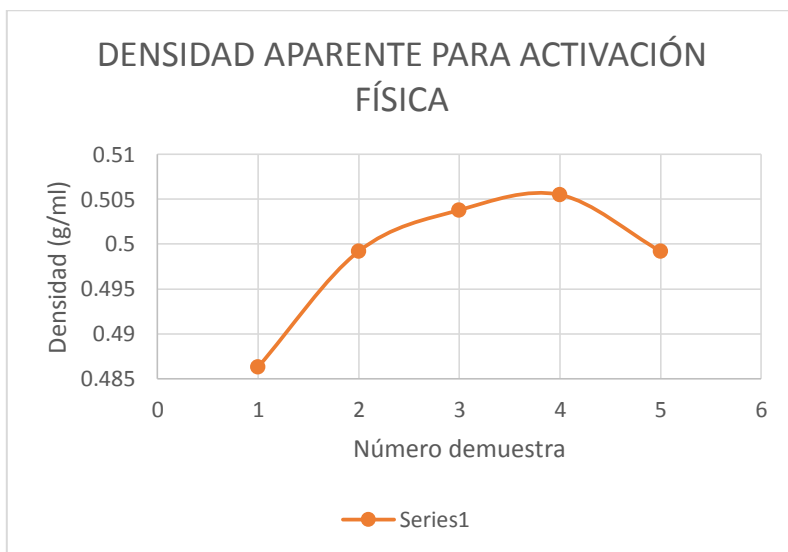
Grafica 2 Resultado del análisis de humedad con humedad mayor de 5 % y menor 4 %.

3.2.2 Análisis de densidad aparente: NMX-f-279-SCFI-2011

La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos de densidad aparente en activación física con cinco pruebas propuestas, de acuerdo los datos obtenidos la variación fueron pocas y es aceptable de acuerdo a las normas y en comparación de los resultados realizados de carbotecnia que contiene $0.52 - 0.58 \frac{g}{cm^3}$ emplearon la norma ASTM D-2854.

| MÉTODO | MUESTRA | DENSIDAD APARENTE EN ACTIVACIÓN FÍSICA | | | | DENSIDAD g/ML) | PROMEDIO | VARIANZA | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MEDIA ARITMÉTICA |
|-------------------|---------|--|------------------------|--------------|-------------------------|----------------|----------|-----------|---------------------|------------------|
| | | PESO PROBETA (g) | PESO PROBETA LLENA (g) | VOLUMEN (ML) | CARBÓN ACTIVADO GASTADO | | | | | |
| ACTIVACIÓN FÍSICA | 1 | 38.274 | 43.137 | 10 | 4.863 | 0.4863 | 4.988 | 00.004529 | 0.00672993 | 0.4988 |
| | 2 | 38.274 | 43.266 | 10 | 4.992 | 0.4992 | | | | |
| | 3 | 38.274 | 43.312 | 10 | 5.038 | 0.5038 | | | | |
| | 4 | 38.274 | 43.329 | 10 | 5.055 | 0.5055 | | | | |
| | 5 | 38.274 | 43.266 | 10 | 4.992 | 0.4992 | | | | |

GRAFICA. 3



Grafica 3 Comparación de densidad aparente obtenido empleando la norma: NMX-f-279-SCFI-2011

3.2.3 Análisis de cenizas: NMX-f-284-SCFI-2011

En esta tabla se demuestra que el porcentaje de ceniza obtenida del carbón es baja y es notable la mejoría del procedimiento empleado.

| MUESTRA | PESO DEL CRISOL VACÍO (g) | PESO MUESTRA (g) | CRISOL CON CENIZA (g) | CANTIDAD DE CENIZA (g) | % DE CENIZA |
|---------|---------------------------|------------------|-----------------------|------------------------|-------------|
| 1 | 23.52 | 0.1 | 23.535 | 0.015 | 15 |
| 2 | 45.82 | 0.1 | 45.83 | 0.01 | 10 |
| 3 | 47.44 | 0.1 | 47.454 | 0.014 | 14 |
| 4 | 44.51 | 0.1 | 44.523 | 0.013 | 13 |
| 5 | 65.08 | 0.1 | 65.089 | 0.009 | 9 |

| | | | |
|----------|----------|---------------------|------------------|
| promedio | varianza | desviacion estandar | media aritmetica |
| 12.2 | 5.36 | 2.315167381 | 12.2 |

Grafica. 4



Grafica 4 Comportamiento del resultado de análisis de ceniza.

3.3 Resultado para activación química

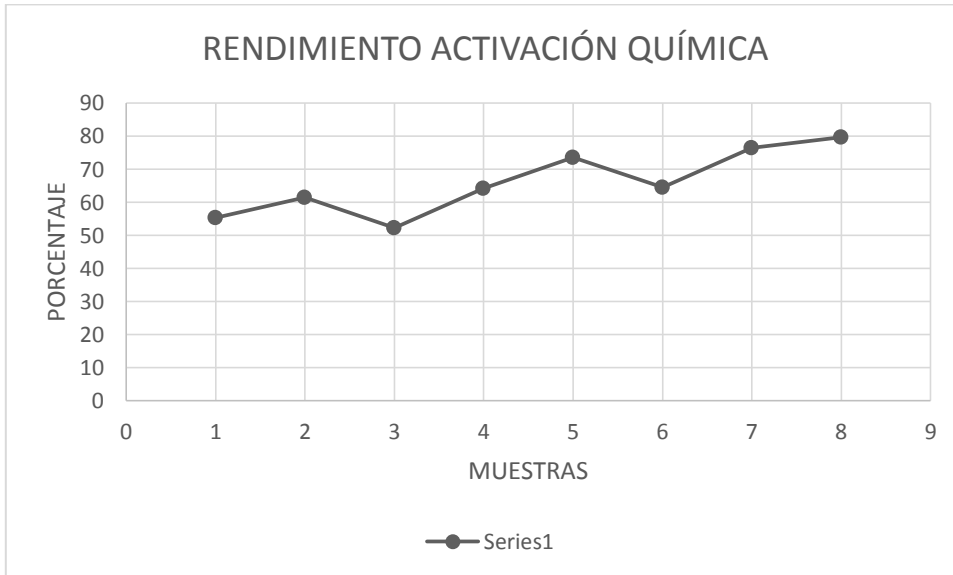
3.3.1 Rendimiento

Para este método se utilizó aglutinante de ácido fosfórico al 85 %, obteniendo mejor rendimiento de lo esperado, debido que no existió mucha combustión en el proceso.

| CONDICIONES EN ACTIVACIÓN QUÍMICA CON AGLUTINANTES DE ÁCIDO FOSFÓRICO AL 85 %. | | |
|--|-----|-----|
| TEMPERATURA DE LA MUFLA | 500 | °C |
| CANTIDAD DE MUESTRA EMPLEADOS | 20 | G |
| TIEMPO | 30 | min |

| MUESTRA | PESO DEL CRISOL (g) | CANTIDAD DE MUESTRA USADAS | PESO TOTAL OBTENIDO (g) | CARBÓN OBTENIDO (g) | RENDIMIENTO % |
|---------|---------------------|----------------------------|-------------------------|---------------------|---------------|
| 1 | 46.09 | 20 | 57.14 | 11.05 | 55.25 |
| 2 | 47.65 | 20 | 59.93 | 12.28 | 61.4 |
| 3 | 44.77 | 20 | 55.22 | 10.45 | 52.25 |
| 4 | 65.31 | 20 | 78.14 | 12.83 | 64.15 |
| 5 | 46.23 | 20 | 60.946 | 14.716 | 73.58 |
| 6 | 47.96 | 20 | 60.866 | 12.906 | 64.53 |
| 7 | 44.91 | 20 | 60.184 | 15.274 | 76.37 |
| 8 | 65.52 | 20 | 81.45 | 15.93 | 79.65 |

Grafica 5



Grafica 5 rendimiento activación química

3.4 Caracterización del carbón activado para activación química

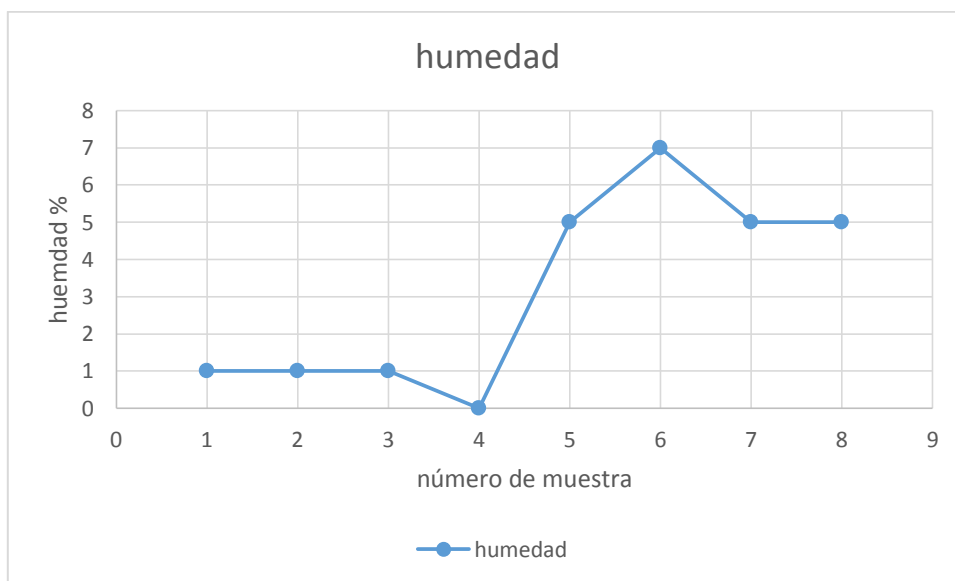
La siguiente tabla se presenta los datos de análisis de humedad.

De acuerdo con los resultados obtenidos el producto presenta mejor calidad en cuanto a bajas humedades esto se debe a un control de temperatura y concentración del aglutinante.

3.4.1 Análisis de humedad: NMX-f-279-SCFI-2011

| ANALISIS DE HUMEDAD | | | | | | | |
|---------------------|-------------|-----------------|------------|---------------|---------|-----------|----------|
| MUESTRA | PESO CRISOL | PESO HUMEDA (g) | PESO TOTAL | PESO SECA (g) | HUMEDAD | HUMEDAD % | PROMEDIO |
| 1 | 12.95 | 1 | 13.94 | 0.99 | 0.01 | 1 | 3.125 |
| 2 | 10.71 | 1 | 11.7 | 0.99 | 0.01 | 1 | |
| 3 | 33.98 | 1 | 34.97 | 0.99 | 0.01 | 1 | |
| 4 | 29.41 | 1 | 30.41 | 1 | 0 | 0 | |
| 5 | 10.21 | 1 | 11.16 | 0.95 | 0.05 | 5 | |
| 6 | 8.83 | 1 | 9.76 | 0.93 | 0.07 | 7 | |
| 7 | 12.65 | 1 | 13.6 | 0.95 | 0.05 | 5 | |
| 8 | 8.62 | 1 | 9.57 | 0.95 | 0.05 | 5 | |

Grafica 6



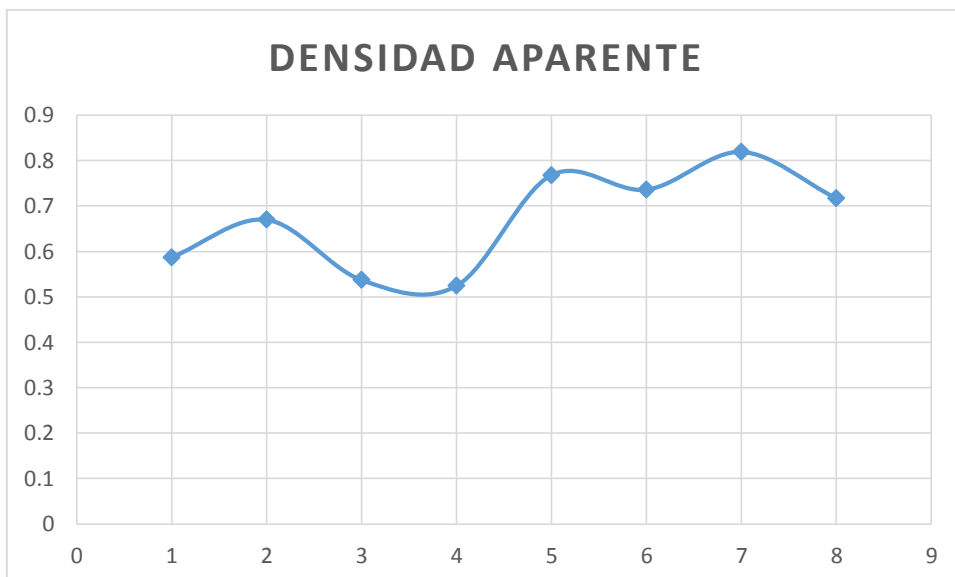
Grafica 6 Comportamiento de la calidad del carbón activado con respecto a la humedad.

3.4.2 Tabla de Análisis de densidad aparente: NMX-f-279-SCFI-2011

En la siguiente tabla se demuestra los resultados obtenidos del dicho método.

| DENSIDAD APARENTE | | | | | | |
|-------------------|--------------------|--------------|------------------------|-------------------|-----------------|------------|
| MUESTRA | PESO DE LA PROBETA | VOLÚMEN (ml) | PESO PROBETA LLENA (g) | CARBÓN GASTADO(g) | DENSIDAD (g/ml) | PROMEDIO |
| 1 | 38.54 | 10 | 44.4098 | 5.8698 | 0.58698 | 0.66972125 |
| 2 | 38.54 | 10 | 45.2357 | 6.6957 | 0.66957 | |
| 3 | 38.54 | 10 | 43.9107 | 5.3707 | 0.53707 | |
| 4 | 38.54 | 10 | 43.7815 | 5.2415 | 0.52415 | |
| 5 | 23.36 | 10 | 31.04 | 7.68 | 0.768 | |
| 6 | 23.36 | 10 | 30.72 | 7.36 | 0.736 | |
| 7 | 23.36 | 10 | 31.55 | 8.19 | 0.819 | |
| 8 | 23.36 | 10 | 30.53 | 7.17 | 0.717 | |

Grafica 7



Grafica 7 comportamiento de densidad aparente

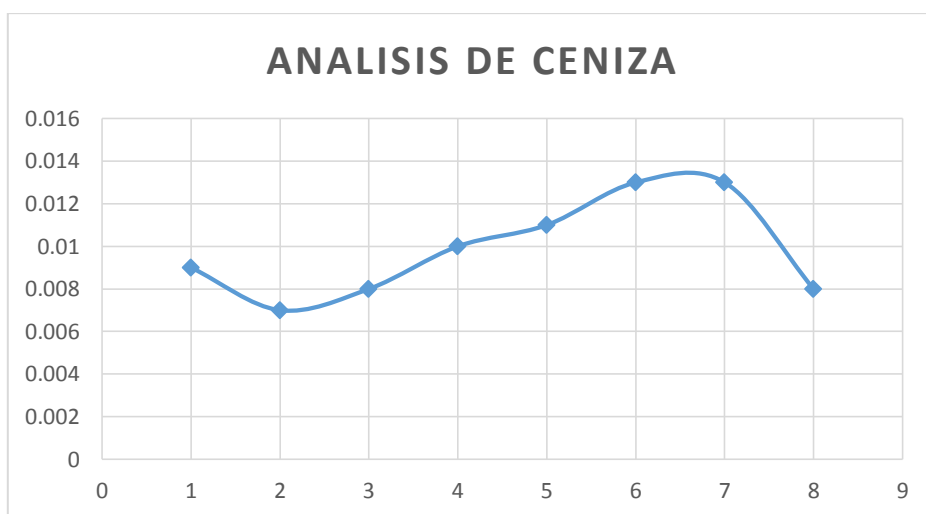
En esta tabla se demostró que el método empleado fue correcto y controlando la temperatura se obtuvo la cantidad de ceniza menor y con este resultado la pérdida del producto es menor.

3.4.3 Análisis de cenizas: NMX-f-284-SCFI-2011 para activación química

| MUESTRA | PESO DEL CRISOL VACIO (g) | PESO MUESTRA(g) | CRISOL CON CENIZA (g) | CANTIDAD DE CENIZA (g) | % DE CENIZA |
|---------|---------------------------|-----------------|-----------------------|------------------------|-------------|
| 1 | 10.22 | 0.1 | 10.229 | 0.009 | 9 |
| 2 | 8.84 | 0.1 | 8.847 | 0.007 | 7 |
| 3 | 12.65 | 0.1 | 12.658 | 0.008 | 8 |
| 4 | 8.61 | 0.1 | 8.62 | 0.01 | 10 |
| 5 | 9.92 | 0.1 | 9.931 | 0.011 | 11 |
| 6 | 14.75 | 0.1 | 14.763 | 0.013 | 13 |
| 7 | 15.39 | 0.1 | 15.403 | 0.013 | 13 |
| 8 | 20.45 | 0.1 | 20.458 | 0.008 | 8 |

| PROMEDIO | VARIANZA | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MEDIA ARITMÉTICA |
|----------|-------------|---------------------|------------------|
| 0.009875 | 4.60938E-06 | 0.002146946 | 9.875 |

Grafica 8

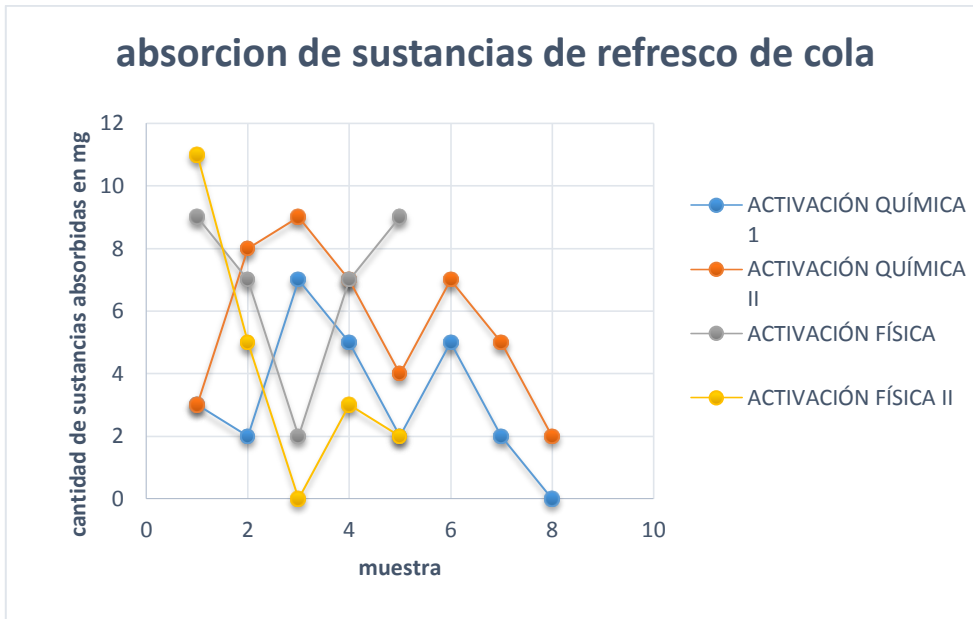


Grafica 8 resultado de análisis de ceniza

3.5 Determinación de la absorción del carbón activado con refresco de cola

| MÉTODO | MUESTRA | PESO CRISOL | CARBÓN UTILIZADO (mg) | PESO TOTAL gr | PESO OBTENIDO | PESO EN mg | CANTIDAD ABSORBIDAS mg | PEPSI UTILIZADA ml | TIMPO EN AGITACIÓN min | PROMEDIO |
|--------------------|---------|-------------|-----------------------|---------------|---------------|------------|------------------------|--------------------|------------------------|----------|
| ACTIVACIÓN QUÍMICA | 1 | 10.22 | 50 | 10.75 | 0.53 | 53 | 3 | 5 | 5 | 3.25 |
| | 2 | 9.93 | 50 | 10.45 | 0.52 | 52 | 2 | 5 | 5 | |
| | 3 | 8.63 | 50 | 9.2 | 0.57 | 57 | 7 | 5 | 5 | |
| | 4 | 8.84 | 50 | 9.39 | 0.55 | 55 | 5 | 5 | 5 | |
| | 5 | 33.03 | 50 | 33.55 | 0.52 | 52 | 2 | 5 | 5 | |
| | 6 | 32.62 | 50 | 33.17 | 0.55 | 55 | 5 | 5 | 5 | |
| | 7 | 25.79 | 50 | 26.31 | 0.52 | 52 | 2 | 5 | 5 | |
| | 8 | 31.27 | 50 | 31.77 | 0.5 | 50 | 0 | 5 | 1 | |
| | 1 | 12.66 | 50 | 13.19 | 0.53 | 53 | 3 | 5 | 10 | 5.625 |
| | 2 | 13.06 | 50 | 13.64 | 0.58 | 58 | 8 | 5 | 10 | |
| | 3 | 15.39 | 50 | 15.98 | 0.59 | 59 | 9 | 5 | 10 | |
| | 4 | 13.42 | 50 | 13.99 | 0.57 | 57 | 7 | 5 | 10 | |
| | 5 | 12.34 | 50 | 12.88 | 0.54 | 54 | 4 | 5 | 10 | |
| | 6 | 16.76 | 50 | 17.33 | 0.57 | 57 | 7 | 5 | 10 | |
| | 7 | 34.19 | 50 | 34.74 | 0.55 | 55 | 5 | 5 | 10 | |
| | 8 | 8.84 | 50 | 9.36 | 0.52 | 52 | 2 | 5 | 5 | |
| ACTIVACIÓN FÍSICA | 1 | 20.45 | 50 | 21.04 | 0.59 | 59 | 9 | 5 | 15 | 6.8 |
| | 2 | 25.79 | 50 | 26.36 | 0.57 | 57 | 7 | 5 | 10 | |
| | 3 | 22.51 | 50 | 23.03 | 0.52 | 52 | 2 | 5 | 5 | |
| | 4 | 32.62 | 50 | 33.19 | 0.57 | 57 | 7 | 5 | 10 | |
| | 5 | 33.07 | 50 | 33.66 | 0.59 | 59 | 9 | 5 | 10 | |
| | 1 | 31.27 | 50 | 31.88 | 0.61 | 61 | 11 | 5 | 25 | 4.2 |
| | 2 | 34.19 | 50 | 34.74 | 0.55 | 55 | 5 | 5 | 10 | |
| | 3 | 15.39 | 50 | 15.89 | 0.5 | 50 | 0 | 5 | 1 | |
| | 4 | 8.63 | 50 | 9.16 | 0.53 | 53 | 3 | 5 | 5 | |
| | 5 | 13.12 | 50 | 13.64 | 0.52 | 52 | 2 | 5 | 5 | |

Grafica 9

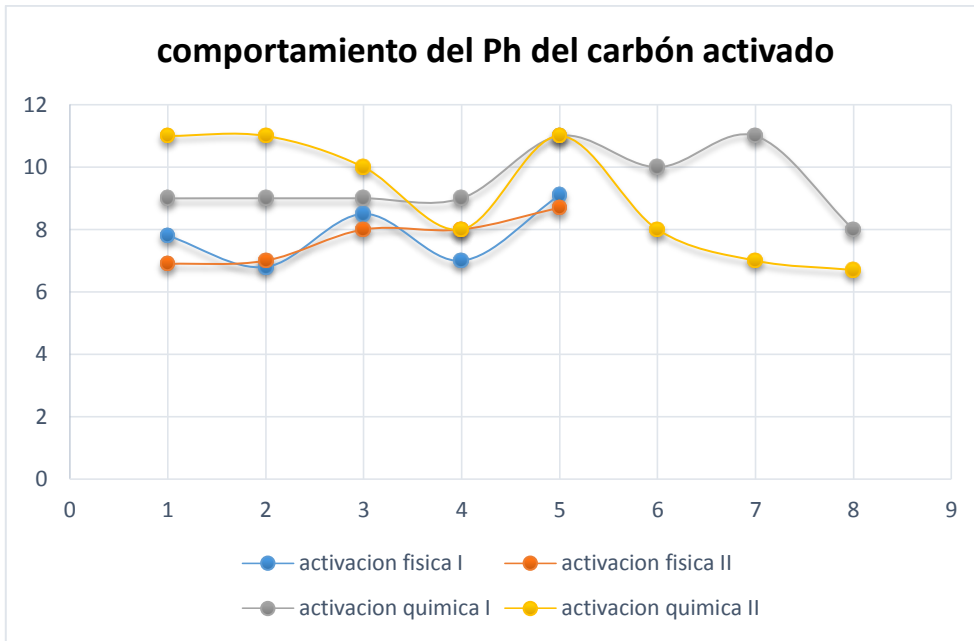


Grafica 9 absorción de las sustancias de refresco de cola

3.6 Determinación del pH

| método | muestra | carbón usado gr | pH | promedio | |
|--------------------|--------------------|-----------------|-----|----------|--------|
| activación física | 1 | 4 | 7.8 | 7.84 | |
| | 2 | 4 | 6.8 | | |
| | 3 | 4 | 8.5 | | |
| | 4 | 4 | 7 | | |
| | 5 | 4 | 9.1 | | |
| | activación física | 1 | 4 | 6.9 | 7.72 |
| | | 2 | 4 | 7 | |
| | | 3 | 4 | 8 | |
| | | 4 | 4 | 8 | |
| | | 5 | 4 | 8.7 | |
| activación química | 1 | 4 | 9 | 9.5 | |
| | 2 | 4 | 9 | | |
| | 3 | 4 | 9 | | |
| | 4 | 4 | 9 | | |
| | 5 | 4 | 11 | | |
| | 6 | 4 | 10 | | |
| | 7 | 4 | 11 | | |
| | 8 | 4 | 8 | | |
| | activación química | 1 | 4 | 11 | 9.0875 |
| | | 2 | 4 | 11 | |
| | | 3 | 4 | 10 | |
| | | 4 | 4 | 8 | |
| | | 5 | 4 | 11 | |
| | | 6 | 4 | 8 | |
| | | 7 | 4 | 7 | |
| | | 8 | 4 | 6.7 | |

Grafica 10



Grafica 10 resultado obtenido del Ph del carbón activado

CAPÍTULO 4

4 Conclusiones

En este proyecto se demostró que los residuos agroindustriales (cascabillo de café) es un precursor para obtener carbón activado en polvo de alta eficiencia, resulta una opción de interés por su disponibilidad de materia prima en Yajalón Chiapas, sin o con aglutinante (ácido fosfórico).

El proceso de obtención por activación física se realizó en la calcinación controlada de las muestras de los residuos en una mufla a 400 °C, cumpliendo con el objetivo con un rendimiento encontrado de 60.62 %. En la activación química consistió en la impregnación de las muestras con ácido fosfórico en concentración de 85% durante 16 horas y tiempo de carbonización de 40 minutos a 500 °C, innovando dicho proceso se obtuvo 79.65 % en rendimiento.

Representa amplias posibilidades a escala industrial, claro está, después de evaluaciones técnicas, económicas y estudios a mayores escalas experimentales, piloto o prototipo. Esto puede ser para la producción comercial competitiva de carbón activado. Y ser aplicados en las diferentes industrias de la región con el fin de disminuir los contaminantes que contienen las aguas residuales.

Los presentes resultados indican que el carbón activado obtenido a partir de dicho desecho de café, activada con ácido fosfórico tiene un gran potencial como adsorbente, presenta características físicas y de adsorción mejores que las obtenidas con este mismo residuo por otros medios de activación.

En el estudio de humedad se obtiene porcentaje bajo con este representa un producto de calidad. Con respecto a la hipótesis estadístico es aceptable porque de los 5 kg se obtuvo más de 3 kg de carbón activo.

Referencia bibliográfica

1. Avances Técnicos Cenicafé. no. 393. Gerencia Técnica/ Programa de Investigación Científica/ Marzo de 2010 Fondo Nacional del Café. ISSN-0120-0178.
2. Morales Tellez, M. (2011). Obtención de carbón activado a partir de residuos agroindustriales para la remoción de color del jugo de caña. Xalapa, Veracruz: Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana.
3. Revista Pueblos y Fronteras digital Vol. 4, Núm. 7, Junio – Noviembre 2009 Aguilar Pinto, Emma; González Cabañas, Alma Amalia «Cafecultura indígena en Yajalón: Un escenario al margen del comercio justo» Germán Quintana M., Jorge Velásquez J.†, Carolina Gómez P., Yina Echavarría V.
4. Universidad Pontificia Bolivariana. Facultad de Ingeniería Química. Grupo de Investigación Pulpa y Papel. Cq. 1 #70-01, Bl. 11, Medellín, Colombia. Recibido 15 Abril 2008; aceptado 30 Mayo 2008 Disponible en línea: 27 Junio 2008.
5. Velásquez, J., L. Mejía, F. Carrasquilla, R. López, B. Garcés (2007). Obtención de carbón activado a partir de cáscara de coco pretratada con vapor. *Revista Investigaciones Aplicadas*, 1: 1-5.
6. Solís-Fuentes, Julio Alberto; Morales-Téllez, Maribel; Ayala-Tirado, Rosa Carmina; Durán-de-Bazúa, María del Carmen. Obtención de carbón activado a partir de residuos agroindustriales y su evaluación en la remoción de color del jugo de caña. *Tecnología, Ciencia, Educación*, vol. 27, núm. 1, enero-junio, 2012, pp. 36-48. Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos A.C. Monterrey, México.
7. García, J.A. 2008. Evaluación de la cascarilla de café para utilizarse como sustrato en cultivo sin suelo de hortalizas. *Tesis de Maestría*. Instituto Politécnico Nacional. Oaxaca, Oax., México.
8. ULLMANN'S ENCYCLOPEDIA OF INDUSTRIAL CHEMISTRY seventh edition.
9. R. Ch. Bansal, J.-B. Donnet, F. Stoeckli: Activated Carbon, Marcel Dekker Inc., New York 1988.
10. Obtención de carbón activado a partir de la cascara de coco Donaciano Luna¹, Armando Gonz'alez¹, Manuel Gordon^{1a} y Nancy Mart'ín² (1) UAM

Azcapotzalco, Área Termofluidos, Av. San Pablo 180, D.F., México. (1a) mgs@correo.azc.uam.mx (2) UAM-Iztapalapa, Depto. Química, Av. San Rafael Atlixco 186, 09340, D.F., México, mgnc@xanum.uam.mx

11. NickyMinaj. (2010). HISTORIA DE LA PEPSI. Mayo 5 de 2014, de Museo del Objeto del Objeto. Sitio web: <http://elmodo.mx/el-modo-del-modo/pepsi-su-historia-y-voceros/>
12. «History of the birthplace» (en inglés).pepsistore.com y Pepsi-Cola. Consultado el 30 de abril de 2013

Páginas web

1. http://www.cafedecolombia.com/particulares/es/sobre_el_cafe/el_cafe/el_cafe/(consultada por Federación Nacional de Cafeteros de Colombia 2010)
2. <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/20980/capitulo1.pdf>
3. <http://www.cabotcorp.mx/responsibility/resource-library>
4. <http://www.oviedo.es/personales/carbon/cactivo/impqcatex.htm>
(consultada el 06 de febrero de 2007).
5. <http://www.sagarpa.gob.mx/subagri/desarrolloagricola/FAO/2001/nac/PPCO.pdf> (Consultada el 13 de enero del 2006).

Anexos



Figura 1 Cascabillo pesado (20 gr) en bolsas.



Figura 2 Peso del crisol 1 vacío



Figura 3 Peso del crisol 2 vacío



Figura 4 Los 20 gr de cisco en el crisol



Figura 5 Mufla utilizada en la carbonización



Figura 6 Balanza utilizada para pesar



Figura 7 carbón activado para disminuir la humedad.



Figura 8 desecador utilizado para acelerar el enfriado del carbón activado.



Figura 9 Carbón activado almacenado en bolsa de polietileno



Figura 10 Balanza pesando 0.50 gr de carbón activado para llevar a cabo la prueba de adsorción.

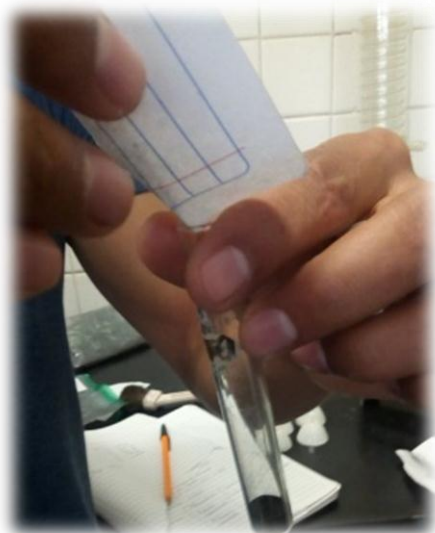


Figura 11 Tubo de ensayo vaciándole el carbón pesado.



Figura 12 Probeta con 5 ml de refresco de cola vaciándolo a tubo de ensayo que contiene carbón activado.



Figura 13 Tubos de ensayo en la prueba de adsorción de refresco de cola.



Figura 14 comparaciones de tiempo de contacto



Figura 15 Con ayuda de un papel filtro se coló el carbón en la prueba de adsorción.



Figura 16 Prueba de PH.



Figura 17 Agitación constante de la muestra en la prueba de PH.