

Producción de Carbón Activado a partir de la Testa de la Almendra de Cacao

Production of Activated Charcoal from Cocoa Kernel Kernel Wax Hulls

Produção de carvão ativado a partir de cascas de amêndoas de cacau

John Smith Rodríguez Estacio¹, Segundo Alipio Cruz Hoyos^{2,1}

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue producir carbón activado a partir de la testa de almendra del cacao. Las muestras fueron proporcionadas por la empresa Peruinka Industrias S.A. Para la preparación se empleó el método de activación química empleando el ácido fosfórico al 60% de concentración. Las variables son la temperatura de carbonización (200 °C, 250° y 300 °C) y tiempo de carbonización (90, 120 y 150 minutos). Para caracterizar el mejor producto producido se evaluó las propiedades fisicoquímicas del carbón activado y la capacidad de adsorción empleando el colorante azul de metileno, dichas propiedades fueron evaluadas bajo la Norma Técnica Peruana 207.024. El tratamiento óptimo encontrado para la producción de carbón activado con testa de almendra de cacao corresponde a una temperatura y tiempo de carbonización de 300 °C y 150 minutos respectivamente. Las características físico-químicas del producto obtenido fueron: Humedad 1.9413 %, Densidad 0.5115 g/cm³, pH 3.19, Cenizas 25.4045 %, Materia Volátil 67.1078%, y Carbón Fijo 7.4876.

Palabras claves: Temperatura, cacao, valor agregado, industria alimentaria.

ABSTRACT

The objective of this research was to produce activated carbon from cocoa kernel testa. The samples were provided by Peruinka Industrias S.A. For the preparation, the chemical activation method was used, using phosphoric acid at 60% concentration. The variables are carbonization temperature (200 °C, 250° and 300 °C) and carbonization time (90, 120 and 150 minutes). To characterize the best product produced, the physicochemical properties of the activated carbon and its adsorption capacity were evaluated using the methylene blue dye; these properties were evaluated under Peruvian Technical Standard 207.024. The optimum treatment found for the production of activated carbon with cocoa kernel testa corresponds to a temperature and carbonization time of 300 °C and 150 minutes, respectively. The physicochemical characteristics of the product obtained were: Moisture 1.9413 %, Density 0.5115 g/cm³, pH 3.19, Ash 25.4045 %, Volatile Matter 67.1078%, and Fixed Carbon 7.4876.

Keywords: Temperature, cocoa, value-added, food industry, food industry.

DOI: <https://doi.org/10.55996/dekamuagropec.v3i1.76>

¹ Universidad Nacional de Jaén, Perú; correo: rodrigo1995@gmail.com

² Universidad Nacional Intercultural Fabiola Salazar Leguía de Bagua, Perú; correo: alipiocruzhoys@gmail.com

RESUMO

O objetivo desta pesquisa era produzir carvão ativado a partir de cascas de amêndoas de cacau. As amostras foram fornecidas pela empresa Peruinka Industrias S.A. Para a preparação, foi utilizado o método de ativação química, utilizando ácido fosfórico a 60% de concentração. As variáveis são temperatura de carbonização (200 °C, 250° e 300 °C) e tempo de carbonização (90, 120 e 150 minutos). A fim de caracterizar o melhor produto produzido, as propriedades físico-químicas do carvão ativado e a capacidade de adsorção foram avaliadas usando o corante azul de metileno, estas propriedades foram avaliadas sob a Norma Técnica Peruana 207.024. O tratamento ideal encontrado para a produção de carvão ativado com bolo de amêndoa de cacau corresponde a uma temperatura e um tempo de carbonização de 300 °C e 150 minutos respectivamente. As características físico-químicas do produto obtido foram: Umidade 1.9413 %, Densidade 0,5115 g/cm³, pH 3.19, Cinzas 25.4045 %, Matéria Volátil 67.1078%, e Carbono Fixo 7.4876.

Palavras-chave: Temperatura, cacau, cacau, valor agregado, indústria alimentícia.

INTRODUCCIÓN

Burgos y Jaramillo (2015), manejaron las variables de temperatura y tiempo en la carbonización tanto para los residuos de cacao y de coco, demostrando que el mejor tratamiento para la elaboración de carbón activado fue utilizando una temperatura y tiempo de 200 °C por 120 minutos respectivamente, y concluyeron que el carbón activado a partir de la cascara de coco presenta mayor adsorción que el de cacao.

Soto (2017), evaluó la adsorción de hierro de las muestras del río Moche, manipularon variables como la granulometría (20, 50, 0 y 100 mesh) y tiempo de residencia (30, 60, 90 y 120 min), donde determinaron que a una granulometría de 100 mesh y 120 minutos presenta mayor porcentaje de adsorción.

El Perú en el año 2016 a nivel mundial represento el 3.4 % de la producción, consiguiendo 80.400 TM de cacao con un total de 140.000 hectáreas cosechadas (Sánchez, 2017). El cacao está teniendo gran impacto en la demanda debido a los distintos usos que se le puede brindar tanto en cosméticos, bebidas e industria chocolatera. En el beneficio del chocolate, sólo se emplea el 90 % del grano de cacao y el restante 10 % son mermas de la cascarrilla del fruto (Cortez y Limpio, 2013).

La industria alimentaria genera diversos tipos de residuos que muchas veces van a terminar en los botaderos ocasionando problemas ambientales, es por ello, que se ha visto la necesidad de producir carbón activado a partir de la testa de almendra de cacao, con el propósito de dar un valor agregado a este residuo. En efecto, el carbón activado producido puede ser utilizado por la misma industria que lo genera para procesos de decoloración de licores, aguas residuales y eliminación de olores. El carbón activado es un adsorbente versátil con alto grado de

porosidad y elevada área superficial (entre 500 y 1500 m²/g) que le confiere una alta capacidad de adsorción de diferentes elementos como metales pesados, turbidez, colorantes, olores, etc (Reátegui, 2017).

El objetivo de la investigación fue producir carbón activado a partir de la testa de almendra del cacao con ácido fosfórico a 60% como activador químico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se empleó 5 kg de testa de almendra de cacao de la variedad criollo, la que se trituró y tamizó con un tamiz ASTM E- 11/2009 de malla 1.7 mm. Se impregnó con ácido fosfórico a 60 % de concentración, se dejó reposar por 24 horas al término del cual se lavó con agua destilada. Se dejó secar, seguidamente se carbonizó manipulando variables temperaturas (200 °C, 250°C y 300°C) y tiempos (90, 120 y 150 minutos), con tres repeticiones cada tratamiento. Luego se dejó enfriar, y se trituró y se tamizó en tamiz ASTM E – 11 con número de malla de 1 mm. Se determinaron los parámetros físico – químicos del carbón activado producido.

Se midió en una probeta 100 ml de agua destilada en un vaso de precipitados de 500 ml y se agregó 2 g de carbón activado y se homogenizó. Seguidamente se colocó sobre una cocina eléctrica, con un termómetro se midió la temperatura hasta alcanzar los 80°C. Finalmente midió el pH empleando con un pH-metro. Para la evaluación de la humedad, se aplicó la fórmula de porcentaje de humedad, según American Society for Testing and Materials, 2003 (citado en Obregón, 2012)

- Humedad, (%) = [(A-B) / A] x 100 Dónde:

A= peso del material precursor inicial (g).

B= peso del material precursor final (g).

Producción de Carbón Activado

Con respecto al materia volátil, se empleó la fórmula de Obregón (2012) para determinar porcentaje de materia volátil.

$$\text{Peso perdido, (\%)} = [(A-B) / A] \times 100$$

Donde:

A = peso de la muestra inicial (g); B = peso de la muestra luego de calcinar (g).

(%) = Contenido de material volátil

Evaluación de Cenizas

Para la evaluación de cenizas se aplicó la fórmula de Bardales (2005)

$$\% \text{ cenizas} = (P2/P1) \times 100$$

Dónde:

P1= peso inicial de la muestra; P2 = peso final de la muestra.

Carbón fijo

Se calculó con la fórmula de Sánchez (2018).

Porcentaje de Carbono Fijo = 100 – (% contenido de ceniza + % materia volátil)

Evaluación de la densidad aparente

Se empleó la metodología de Calgon Carbon Corporation 1981 (citado en Cárdenas, 2015). Se aplicó la fórmula:

$$d = m/V$$

Donde: m = masa; v = volumen

Evaluación de la Adsorción de Azul de Metileno (Método del espectrofotómetro)

Se ejecutó con el método de la Norma Técnica Colombiana NTC 4467 (citado en Lazo, 2015) siguiendo con los siguientes pasos: a) Se pesó 0.1 g de carbón activado, seguidamente se adicionó 1 ml de azul de metileno. b) Se esperó que decolore en el colorante por 5 minutos, se adicionó hasta saturar el carbón activado. Seguidamente se procedió a medir la absorción de las respectivas muestras a una longitud de 664 nm. El diseño experimental corresponde a un diseño factorial, con dos factores: temperatura (niveles del factor: 200 °C, 250°C y 300 °C) y el tiempo (niveles del factor: 90 min, 120 min

y 150 min) con 3 repeticiones por tratamiento, haciendo un total de 189 unidades experimentales para el humedad, densidad, pH, materia volátil, carbón fijo y capacidad de adsorción (variables dependientes).

Análisis estadístico

Se realizó el análisis exploratorio de los datos, para determinar el comportamiento o tendencias de los datos. Luego se realizó el diseño experimental, que es un plan usado en la distribución de las proporciones a las muestras experimentales. También se realizó el análisis de varianza (Anova) para determinar si los promedios por tratamientos son iguales o por lo menos uno es diferente en comparación con las demás. El análisis estadístico se realizó usando el software SPSS, a un nivel de confianza del 95%.

RESULTADOS

Las características físico-químicas de las muestras obtenidas de carbón activado de la testa de almendra de cacao se muestran en la Figura 1, donde se observa el porcentaje de Humedad para los diversos tratamientos de 200 °C, 250 °C y 300 °C con sus respectivos tiempos (a). Donde se evidencia que a 300 °C y a 150 minutos el porcentaje de humedad disminuye a 1.94. Figura b, Se observa que a 300 °C y a 150 minutos la densidad disminuye a 0.51 g/cm. Figura c, se evidencia las características de los análisis para el pH que a 300 °C y a 150 minutos el pH aumenta a 3.19. Figura d, Se observa, que a 200 °C y a 150 minutos el porcentaje de cenizas disminuye a 24.17. Figura e, el % de materia volátil que a 300 °C y a 150 minutos disminuye a 67.11. Figura d, el Carbón Fijo se observa, que a 300 °C y a 150 minutos el porcentaje de Carbón Fijo fue elevado.

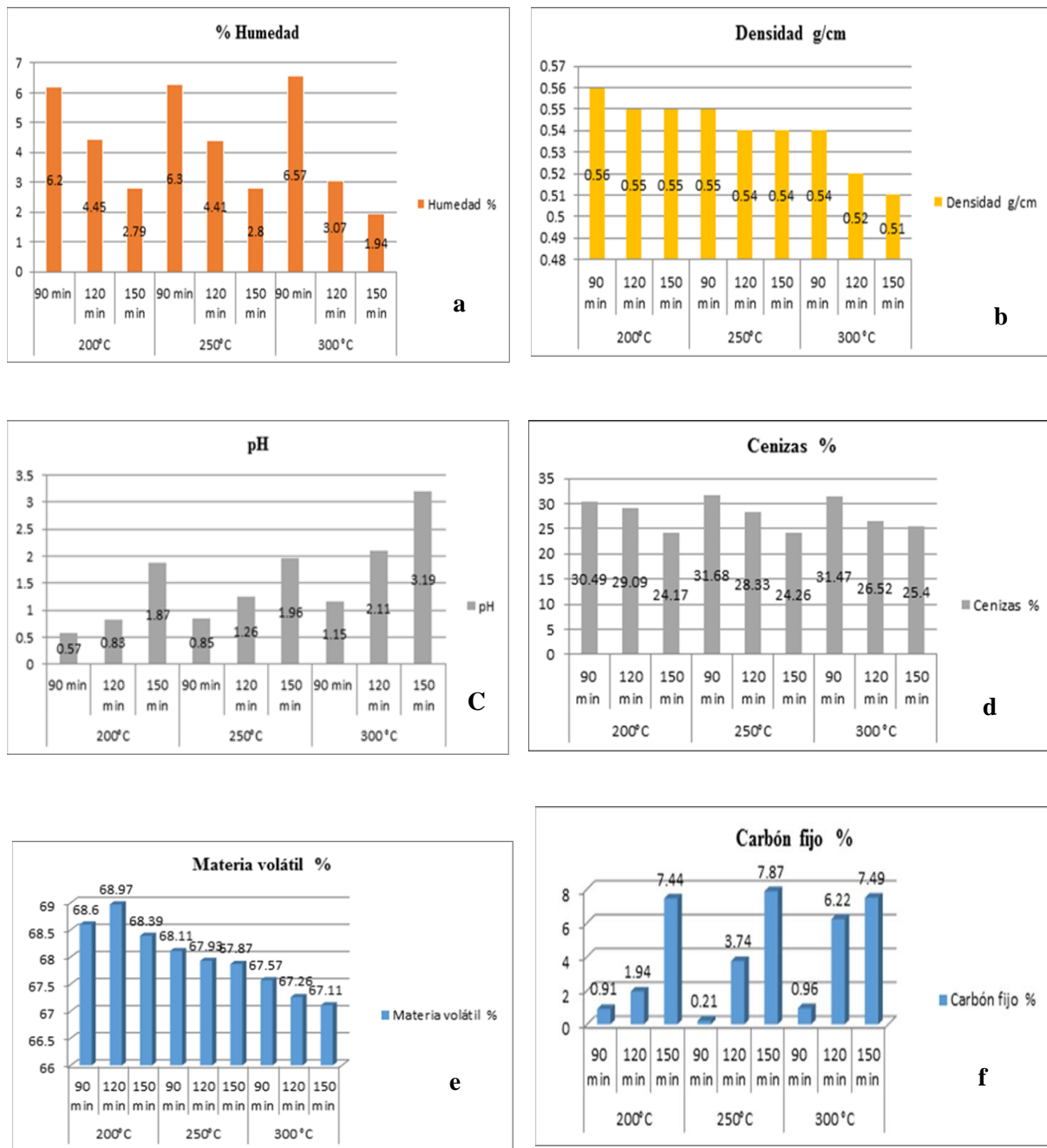


Figura 1. Características de los parámetros fisicoquímicos; a=% de humedad; b= densidad (g/cm); c= Potencial de hidrógeno (pH); d=% de cenizas; e=% de materia volátil; f=% de carbón fijo.

Producción de Carbón Activado

Figura 7, se evidencia la capacidad de adsorción que a 300 °C y a 150 minutos presenta el mínimo valor de absorción de azul de metileno en la solución

sobrenadante, lo que significa que el carbón activado tiene mayor capacidad de adsorción de colorante.

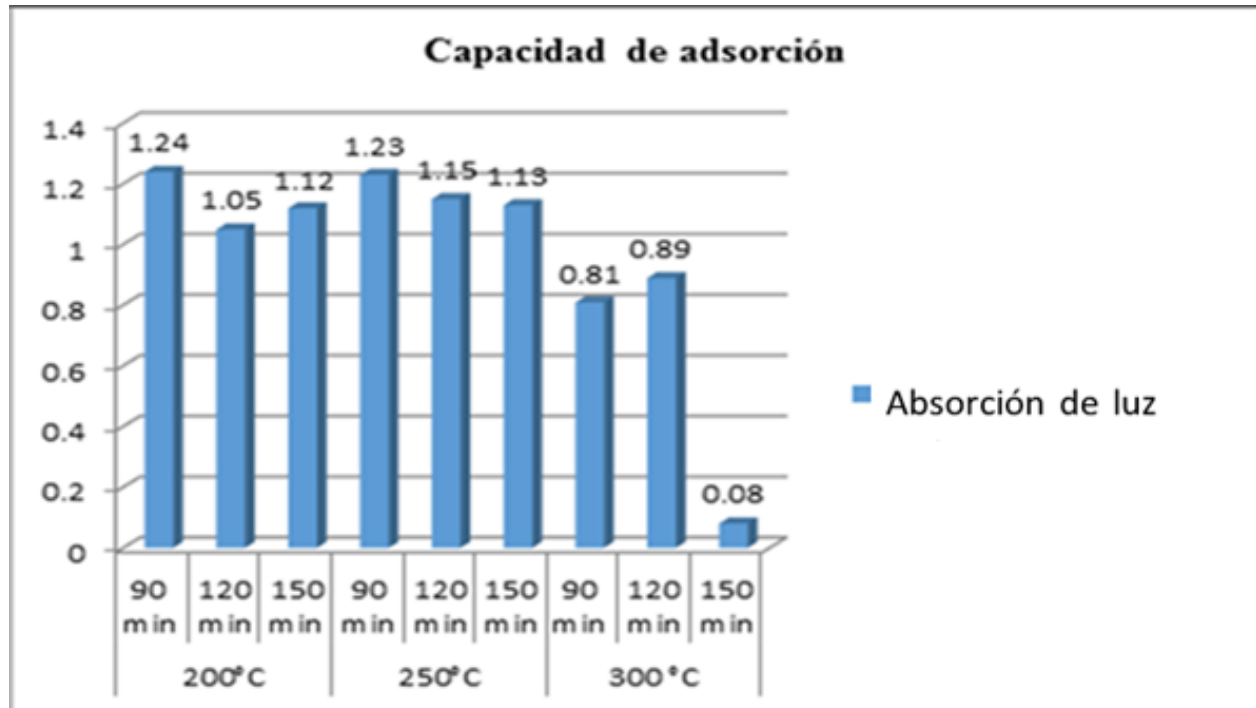


Figura 7. Capacidad de adsorción para los diversos tratamientos

Tabla 1, se observa que existen diferencias significativas en la temperatura y el tiempo por tratamientos para la humedad. También existen diferencias significativas en la temperatura y el tiempo por tratamientos para la densidad. Así como para la temperatura y el tiempo por tratamientos para el pH. Mientras que, para la densidad, no existe diferencia

significativa para la temperatura, pero sí para el tiempo en las cenizas. Con respecto a la temperatura y el tiempo para la materia volátil no existe diferencias. Del mismo modo para la temperatura y el tiempo por tratamientos para la capacidad de adsorción, no existe diferencias.

Tabla 1. Varianza para los efectos principales e interacción de las muestras

Parámetro	Análisis de varianza			Observaciones
	Factor	F	P	
Humedad	Temperatura	35.167	.000	Se afirma que a una temperatura de 300 °C y a un tiempo de 150 min la humedad disminuye.
	Tiempo	997.953	.000	
	Temperatura*tiempo	21.992	.000	
Densidad	Temperatura	563.104	.000	Se afirma que a una temperatura de 300 °Cy a un tiempo de 150 min la densidad disminuye.
	Tiempo	197.360	.000	
	Temperatura*tiempo	12.254	.000	
pH	Temperatura	18.421,225	.000	Se afirma que a una temperatura de 300°C ya un tiempo de 150 min el pH aumenta.
	Tiempo	34.304,575	.000	
	Temperatura*tiempo	1.431,700	.000	
Ceniza	Temperatura	.159	.855	Se afirma que a una temperatura de 300°C ya un tiempo de 150 min las cenizas disminuyen.
	Tiempo	79.428	.000	
	Temperatura*tiempo	3.115	.041	
Materia Volátil	Temperatura	1.620	.226	Se afirma que a una temperatura de 300°C ya un tiempo de 150 min la materia volátil disminuye.
	Tiempo	.060	.942	
	Temperatura*tiempo	.057	.993	
Carbón fijo	Temperatura	125.249	.000	Se afirma que a una temperatura de 300°C ya los tiempos de 90 min el carbón fijo disminuye.
	Tiempo	3.850	.041	
	Temperatura*tiempo	.320	.861	
Capacidad de adsorción	Temperatura	600.811	.000	Se afirma que a una temperatura de 300°C ya un tiempo de 150 min la capacidad de adsorción aumenta.
	Tiempo	160.896	.000	
	Temperatura * tiempo	123.361	.000	

Producción de Carbón Activado

DISCUSIÓN

El porcentaje promedio de humedad, que se consiguió fue 1.94 % a medida que la temperatura y el tiempo se incrementaron (300 °C y 150 minutos) la humedad disminuye, los resultados obtenidos están por debajo del 12% lo que estipula la Norma Técnica Peruana 207.024 (citado por Sangay, 2010). Zamora (2010) sostiene que el tiempo de activación influye en la humedad, desde luego esta afirmación coincide con lo dicho por Hidalgo y Rivera (2017) e indican que los factores como adsorción y humedad están inversamente relacionados, es decir a menor humedad mayor adsorción.

La densidad promedio de la muestra fue de 0.51 g/cm en efecto al aumentar la temperatura a 300 °C y el tiempo a 150 min la densidad disminuye. Sin embargo, los resultados obtenidos están por encima de 0.35 – 4.0 g/cm³ lo que estipula la Norma Técnica Peruana 207.024 (citado por Sangay, 2010). Layseca, 2001 (citado en Sangay 2010) sostiene que mayor densidad se obtiene mientras más pequeño es la granulometría. Reátegui (2017), señala que la porosidad influye en la capacidad de adsorción, es decir, que a medida que aumenta la porosidad aumenta la adsorción.

El pH promedio obtenido es de 3.19, valor que aumenta a medida que la temperatura y el tiempo de carbonización aumenta a 300 °C y 150 minutos respectivamente, estos resultados coinciden con Reátegui, (2017) sostiene que un pH ácido se debe generalmente por el uso del agente activante de ácido fosfórico. También señala que la capacidad de adsorción no depende del pH medido en el carbón activado. En efecto las muestras analizadas, están por debajo de 5.5 – 7.5 de pH lo que estipula la N.T.P. 207.024.

El porcentaje promedio de cenizas de las muestras es de 25.4 %, se observa que al aumentar la temperatura y el tiempo, 300 °C y 150 minutos respectivamente el porcentaje de cenizas disminuye. Asimismo,

Amparán (2007) sostiene que las cenizas representan la cantidad de sales minerales presentes en la materia prima. Un porcentaje alto de cenizas, influye absolutamente en la disminución de la capacidad de adsorción (García y Machado, 2011). Hidalgo y Rivera (2017) sostienen que la variación de cenizas va a depender de la concentración del agente activante utilizado y de la materia prima, asimismo, indica que a mayor capacidad de adsorción menor presencia de cenizas. Las cenizas obtenidas son sustancias que no llegan a volatilizarse durante la carbonización y están compuestas por sustancias inorgánicas, por ejemplo, sales de calcio, magnesio, hierro, etc. Asimismo, los resultados obtenidos están por encima del 12 %, lo que estipula la Norma Técnica Peruana 207.024 (León, 2012).

El porcentaje promedio de Materia volátil es de 67.11 % observándose que a medida que aumenta la temperatura a 300 °C y el tiempo 150 minutos la materia volátil disminuye, estos resultados obtenidos contrastan con Sánchez (2018), que señala que el aumento de materia volátil está influenciado por factores como temperatura y la concentración del agente activante (ácido fosfórico). Los resultados obtenidos concuerdan con lo reportado por Hassler, 1974 (citado en Sánchez, 2018), la materia volátil disminuye a altas temperaturas, en consecuencia, presenta espacios disponibles en su distribución interna y con ello tiene mayor capacidad de adsorción. Sin embargo, Sangay (2010) afirma que el aumento de la materia volátil, es afectada por el aumento de la concentración del agente químico.

El porcentaje promedio de carbón fijo que es de 7.49 % observándose que a medida que la temperatura aumenta a 300 °C y el tiempo a 150 min el carbón fijo aumenta. Sangay (2010) indica que el carbón fijo se reduce a medida que se eleva la concentración del agente activante. Del mismo modo Layseca, 2001 afirma que no es conveniente utilizar elevadas

concentraciones de activante, y que a mayor carbón fijo presenta elevada capacidad de adsorción.

Según FAO, 1983 (citado Zamora, 2010) sostiene que a mayor carbón fijo mayor capacidad de adsorción. La absorción de luz obtenida es de 0.08, este bajo valor indica que se obtuvo un alto porcentaje de transmitancia para el carbón activado obtenido a la temperatura a 300 °C y el tiempo 150 minutos, presentando mayor capacidad de adsorción de colorante azul de metileno.

CONCLUSIONES

La temperatura óptima de carbonización fue de 300 °C y el tiempo óptimo de 150 min para producir un carbón activado con la testa de la almendra de cacao que presenta mayor capacidad de adsorción de colorante.

Las características del carbón activo óptimo fueron: 1.94 % de humedad, densidad de 0.51 g/cm, pH de 3.19, cenizas fue de 25.4 %, materia volátil de 67.11 %, y el carbón fijo fue de 7.49 %.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amparán, A. (2007). Modificación con hierro de carbón activado para remover As en agua. (Tesis de maestro). Cimac, México.
- Burgos, G., & Jaramillo, J. (2015). Aprovechamiento de los residuos de cacao y coco para la obtención de carbón activado, en el Cantón Milagro, Provincia del Guayas (tesis pregrado). Universidad de Guayaquil, Ecuador.
- Bardales, A. (2005). Obtención química de carbón activado a partir del endocarpo del coco (*Coccus nucifera*) en la región San Martín (tesis pregrado). Universidad Nacional de San Martín, Perú.
- Cárdenas, H. (2015). Evaluación del carbón activado por el método químico con cloruro de zinc y ácido fosfórico a partir del aserrín de *Copaifera LeónReticulada* (copaiba) (Tesis pregrado). Universidad Nacional de Ucayali, Perú.
- Cortez, J., & Limpio, D. (2013). Diseño de una planta para la producción de filtros de carbono activado a partir de la cáscara de cacao (tesis pregrado). Universidad Católica Andrés Bello, Venezuela.
- García, V., & Machado, R. (2011). Diseño preliminar de una planta para la obtención de carbón activado (tesis pregrado). Universidad de Oriente, Venezuela.
- Hidalgo, C., & Rivera, S. (2017). Obtención de carbón activado a partir del bagazo del café como una propuesta de utilización del residuo de una industria cafetera (tesis pregrado). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador.
- Lazo, R. (2015). Operaciones y procesos para la producción de carbón activado a partir de la cáscara de coco (tesis de pregrado). Universidad Nacional del Callao, Perú.
- León, M. (2012). Planta de producción de carbón activado de cáscaras de nueces, para aplicaciones en hidrometalurgia del oro (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile.
- Lozano, L., Barreto, L. & Sepúlveda, W. (2015). Estudio de pre- factibilidad para la instalación de una planta industrial para obtener carbón activado a partir del bagazo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en la región Loreto (tesis pregrado). Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, Perú.
- Obregón, D. (2012). Estudio comparativo de la capacidad de adsorción de cadmio utilizando carbones activados preparados a partir de semillas de aguaje y de aceituna (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú. Perú.

Producción de Carbón Activado

- Reátegui, K. (2017). Obtención de carbón activado a partir de la cascara del fruto de la Calabaza (*Curcubita ficifolia* Bouché) (tesis de pregrado). Universidad Agraria la Molina, Perú.
- Sánchez, C. (2018). Caracterización de carbón activado a partir de bambú "*Guadua angustifolia* Kunth" utilizando el método químico (tesis pregrado). Universidad Nacional Agraria la Molina, Perú.
- Sangay, S. (2010). Obtención y evaluación de carbón activado del endocarpo de castaña (*Bertholletia excelsa*) procedente de plantación y de bosque natural, empleando un método químico (tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú.
- Soto, K. (2017). Efecto del carbón activado de la theobroma cacao en la adsorción de hierro del agua del río Moche, 2017 (tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Perú.
- Zamora, G. (2010). Obtención de carbón activado a partir de semillas, de dos palmeras de la Amazonía Peruana, Shapaja (*Atta/ea phalerta*) y Aguaje (*Mauritia flexuosa*) (tesis pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú.

