


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA FORESTAL


Ing. M. Sc. LAUREANO ZAVALTA DE LA CRUZ
PRESIDENTE





V° B°
Al informe de tesis,
del señor Yerson
Fredy Alania Trinidad ,
Tingo María, 09 de agosto de
2021


Ing. M.S. Robert Gilbert Pecho De la Cruz
Miembro Jurado Calificador


Ing. Mg. WILFREDO TELLO ZAVALLOS
MIEMBRO

**PRODUCCIÓN DE CARBON ACTIVADO A PARTIR DE RESIDUOS DE
CAJONERIAS**

Autor	: Yerson Fredy Alania Trinidad	
Asesores	: Dra. Tania Guerrero Vejarano Mg. Sc. Ricardo Ochoa Cuya	
Programa de investigación	: Transformación e Innovación de Recursos Forestales	
Líneas de investigación	: Transformación química y mecánica de los productos forestales	
Eje temático de investigación	: Biocombustibles	
Lugar de ejecución	: Universidad Nacional Agraria de La Selva –Tingo María	
Duración	: 7 meses	
Financiamiento	: 6, 932.00	
Propio	: Si	



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María – Perú

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 042-2021-FRNR-UNAS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 22 de junio de 2021, a horas 4:00 p.m. en la Sala virtual Microsof Teams de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal para calificar la Tesis titulada:

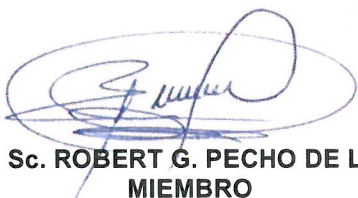
“PRODUCCIÓN DE CARBON ACTIVADO A PARTIR DE RESIDUOS DE CAJONERIAS”

Presentado por el Bachiller: **ALANIA TRINIDAD, Yerson Fredy**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADA** con el calificativo de “**MUY BUENO**”

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título profesional de **INGENIERO FORESTAL**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título correspondiente.

Tingo María, 09 de Diciembre de 2021


Ing. M. Sc. LAUREANO ZAVALTA DE LA CRUZ
CRUZPRESIDENTE


Ing. M. Sc. ROBERT G. PECHO DE LA CRUZ
MIEMBRO


Ing. Mg. WILFREDO TELLO ZAVALLOS
MIEMBRO




Dra. TANIA ELIZABETH GUERRERO VEJARANO
ASESOR


Ing. Mg. RICARDO OCHOA CUYA
ASESOR

ÍNDICE

pág.

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	REVISION DE LITERATURA	3
2.1.	Marco teórico	3
2.1.1.	Carbón activado.....	3
2.1.2.	Carbonización o pirolisis	4
2.1.2.1.	Pirolisis lenta	5
2.1.2.2.	Pirolisis rápida	5
2.1.3.	Métodos de obtención del carbón activado	5
2.1.3.1.	Activación por el método física	6
2.1.3.2.	Activación por el método químico.....	¡Error! Marcador no definido.
2.1.4.	Clasificación de los diferentes tipos de carbón activado	7
2.1.5.	Características fisicoquímicas.....	8
2.1.5.1.	Composición química	8
2.1.5.2.	Estructura física	8
2.1.6.	Aplicaciones del carbón activado	9
2.2.	Estado del arte	10
III.	MATERIALES Y METODOS	15
3.1.	Lugar de ejecución	15
3.1.1.	Zona de vida	16
3.1.2.	Clima.....	16
3.2.	Materiales y métodos.....	16

3.2.1.	Materiales y equipos	16
3.2.2.	Método	17
3.2.2.1.	Obtención del carbón a partir de los residuos de cajonerías	17
3.2.2.2.	Realizar la activación del carbón, con el uso de KOH	19
3.2.2.3.	Prueba de absorción de azul de metileno: Método de Espectrometría.....	20
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	21
4.1.	Obtención del carbón a partir de los residuos de cajonerías	23
4.2.	Realizar la activación del carbón, con el hidróxido de potasio (KOH)	24
4.2.1.	Determinación de densidad aparente	25
4.3.	Determinación de porcentaje de absorción de azul de metileno.....	26
4.3.1.	Determinación de curva de calibración.....	26
4.3.2.	Absorción de azul de metileno: Método de Espectrofotometría.....	28
V.	CONCLUSIONES	31
VI.	RECOMENDACIONES	32
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	33

ÍNDICE DE CUADROS

Tabla	pág.
1. Coordenadas UTM de lugar de investigación.	16
2. Características fisicoquímicas del carbón obtenido a partir de los residuos de las cajonerías	22
3. Valores obtenidos de densidad aparente de carbón activado	23
4. Valores estándares obtenidos para la determinación de curva de calibración.....	26
5. Remoción final de azul de metileno (ppm) a temperatura de 300°cgrados.....	27
6. Remoción final de azul de metileno (ppm) a temperatura de 400°c grados.....	27
7. Remoción final de azul de metileno (ppm) a temperatura de 500°c grados.....	27
8. Porcentaje de absorción del colorante de azul de metileno	28

ÍNDICE DE FIGURA

Figura	pág.
1. Curva de calibración de absorción.....	26
2. Valores obtenidos de densidad aparente de carbón activado.....	38
3. Absorción de azul de metileno a una temperatura de 300°C.....	38
4. Absorción de azul de metileno a una temperatura de 400°C.....	39
5. Absorción de azul de metileno a una temperatura de 500°C.....	39
6. Porcentaje de absorción de azul de metileno.....	40
7. Proceso de pirólisis.....	41
8. Pesado de las muestra de carbón	41
9. Proceso de activación con el hidróxido de potasio (KOH)	42
10. Preparación para el lavado de carbón activado	42
11.lavado de carbón activado con ácido clorhídrico diluido.....	43
12. Preparación de azul de metileno.....	43
13. Pasado de muestra para la adsorción de azul de metileno.....	44
14. Columna de absorción de azul de metileno.....	44

PRODUCCIÓN DE CARBÓN ACTIVADO A PARTIR DE RESIDUOS DE CAJONERIAS

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo por objetivo obtener carbón activado a partir de residuos de cajonerías, en primera instancia se obtuvo el carbón mediante el proceso pirólisis (descomposición térmica sin la intervención del oxígeno) se calentó con el mechero bunsen los exteriores del tubo de ensayo a una temperatura de 400°C durante 20 minutos hasta la liberación de gases combustibles y alquitrán, se procedió a la activación del carbón con hidróxido de potasio (KOH) donde se utilizó diferentes concentraciones (0,0184; 0,0264; 0,0344; 0,0424 y 0,0504mg/ml) por gramo de carbón seco, luego se determinó el porcentaje de absorción del carbón activado utilizando el colorante azul de metileno el cual se midió por el método espectrofotométrico a una longitud de onda 664nm. Se determinó mayor absorción del carbón activado a 400°C en 3 concentraciones diferentes (0,0184; 0,264 y 0,0424mg/ml de KOH) con un porcentaje de absorción de 98%, 97,85% y 97,72%. Se concluye que el carbón activado obtenido a partir de los residuos de las cajonerías es eficiente cuando se activa a 400°C a concentraciones de 0,0184 0,264 y 0,0424mg/ml de KOH, para absorber el colorante azul metileno.

Palabras clave: carbón activado, pirólisis, remoción de azul metileno y residuos

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la amazonia peruana aprovecha a gran escala los recursos forestales, los aserraderos, carpinterías y cajonerías generan cada día grandes volúmenes de residuos en el aprovechamiento primario y secundario de la madera. En la localidad de Naranjillo distrito de Luyando se generan los residuos, encontramos las cajonerías; sin embargo, alarma la gran cantidad de volúmenes que se generan, teniendo como consecuencia la contaminación y problemas de salud por la liberación de material particulado, actualmente son usados en los hogares como leña, votados al río o desperdiciados sin el aprovechamiento necesario generando contaminación.

Estos residuos se pueden aprovechar de diversas formas, una posible solución a estos es convertirlos en carbón vegetal, asimismo se puede elaborar carbón activado, esta elección sirve para rescatar los residuos que se generan durante la producción de las cajonerías, en todas las industrias; favoreciendo precisamente el progreso e incremento económico para toda comunidad generando nuevas fuentes de empleo al fabricar y comercializar este tipo de combustibles, se disminuiría considerablemente la cantidad de residuos, la contaminación ambiental, la tala de árboles para carbón convencional con bajo poder calorífico.

El presente trabajo busca dar el valor agregado a estos residuos sometiéndolos a una transformación química para la obtención de carbón activado, el cual tiene muchos usos como por ejemplo purificar el agua y otros contaminantes.

Se puede aprovechar el aserrín de las cajonerías por la facilidad de disponibilidad y transformarlo en carbón activado. Ante esta situación se plantea la siguiente interrogante ¿Cuáles son las condiciones óptimas para obtener carbón activado a partir de residuos de cajonerías?

Los objetivos considerados en el presente estudio fueron los siguientes:

Objetivo general

- Obtención del carbón activado a partir de residuos de cajonerías.

Objetivos específicos

- Obtener carbón mediante el método de pirólisis a partir de los residuos de cajonerías
- Realizar la activación del carbón, con el uso de KOH
- Determinar el porcentaje de absorción del colorante azul de metileno

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Marco teórico

Para Jaén *et al.* (2006), el serrín generado con la ayuda de la industria maderera número uno se considera en la mayoría de los países como un residuo, que se desecha en el medio ambiente, generando una intensa fuente de contaminantes, su consecuencia impacta las salidas de aguas superficiales, tal manera en colonizaciones, situados dentro de la ubicación del aserradero. No obstante, este mal llamado (residuo) es un preciado comienzo de materia prima para las naciones desarrolladas, que se fabrica más de 12 productos fabricados con ella.

Cantones *et al.* (2018) afirma que, las investigaciones realizadas demuestran la existencia de grandes volúmenes de aserrín en los aserraderos instalados en la ciudad de Guayaquil, con más de 1.500 pilas de aserrín anuales. Este balance no incluye, ahora el coste de las astillas que se producen en esos centros, que al ser trituradas se convierten en una tela cruda excepcional para la fabricación de diversos productos.

2.1.1. Carbón activado

Para Segura, O. G. (2017), es un material poroso, carbonoso y solido apto para la combustión y activación de sustancias orgánicas. Las materias primas incluyen: aserrín, carbón vegetal, residuos de celulosa, cáscaras de coco, etc. Logran ser carbonizados y activados a alta temperatura, o sin adición de sales inorgánicas, mediante la activación como vapor de agua o dióxido de carbono, el material carbonoso son tratado con un agente químico activante que incluya ácido fosfórico o zinc y el agregado calcinada a una temperatura, seguidamente se procede la separación del agente de activación por purificación de agua.

Según Espejo Mamani, Carlos Enrique; Gomez Ramos (2017), el carbón activado es un tejido carbonizado que puede ser de origen vegetal o mineral. Se dice que es activado debido al hecho de que todo el tejido carbonizado tiene casas adsorbentes, pero la nación de la activación confiere casas que le entregan una excelente capacidad para adsorber materiales seguros. El carbón activado es una tela organizada para tener una alta ubicación en el suelo interior para adsorber grandes porciones de compuestos muy diversos, cada uno en respuesta y dentro de la fase de gas.

Sevilla (2011) menciona que el carbón activado es un producto con una forma “cristalina y reticular” muy parecida a la del carboncillo, es enormemente permeable y consigue desplegar superficies del orden de 1500 metros cuadrados a paso del gramo de carbón.

Cualesquier partícula del carbón de la superficie de un cristal están preparados para atraer elementos de compuestos que provocan un olor; color y sabores no deseados, la diferencia con un carbón activado es la variedad de átomos del suelo disponibles para la adsorción. En distintas frases, la aceleración de los carbones radica en aumentar la ubicación del área mediante el crecimiento de una estructura porosa. Es esencial decir que la vecindad de la superficie del carbón activado es interior. Para entregarnos un mayor concepto particular de su longitud, imaginemos unos gramos del carbón en trozos, son triturarán muy finamente para aumentar su área, obtendremos un área de superficie aproximada de 3 a 4 cuadrados, por otro lado, activando el carbono tenemos que multiplicar por 200 a 300 veces este valor (Sevilla, 2011).

2.1.2. Carbonización o pirólisis

Escalante *et al.*(2016) sostiene que, la pirólisis es una desintegración térmica que se produce sin la presencia del oxígeno. Durante la pirólisis el primer paso son los enfoques de ignición y evaporación, observado por la enmohecimiento global o mercancía número uno. El método de pirólisis incorpora 3 niveles: la dosificación y provisión del componente primario, la inversión de la masa orgánica y, posteriormente, la elaboración y disgregación de los productos. Existen formas únicas de pirólisis. Cada una de ellas tiene unas condiciones específicas dentro del sistema, lo que favorece la generación de diferentes mercancías.

Escalante *et al.* (2016) aclara que, las transformaciones físicas y químicas que se producen durante pirólisis son muy complejas y estar en manos con la hábitat de la biomasa y las situaciones del reactor. Mediante el uso de una tecnología de alta eficiencia, se logra rendimientos masivos de aproximadamente 30 a 40%, producciones de energía de alrededor de 30% y contenidos de carbono superiores al 90% de la biomasa.

2.1.2.1. Pirólisis lenta

La pirólisis convencional o lenta se caracteriza por un calentamiento lento de la biomasa, temperaturas bajas de residencia prolongada de sólidos y del gas, dependiendo del sistema, la porción de tiempo que transcurre en el calentamiento es cercana a de 0,1 a 2 ° C por segundo con temperaturas de alrededor de 400 ° C. El tiempo de residencia del gas puede ser superior a 5s, luego que para la biomasa puede oscilar entre unos minutos o varios días, este sería el proceso con mayor rendimiento en biocarbón, (Escalante *et al.*, 2016).

2.1.2.2. Pirólisis rápida

Tessini *et al.* (2013) declara que, en general, los procesos de pirólisis se caracterizan por el hecho de que se llevan a cabo a temperaturas entre 300 y 600 ° C, a presión atmosférica y en un lugar inerte. La pirólisis rápida se distingue, porque se lleva a cabo en condiciones que favorecen coeficientes de transferencia de calor y altas tasas de calentamiento de biomasa, en un reactor a una temperatura alrededor de 550°C. Es seguido de un enfriamiento rápido, la separación de la condensación de un líquido. El muy corto tiempo de residencia, de los productos de pirólisis primarios en el reactor permite maximizar el rendimiento evitando la posterior fragmentación térmica y catalítica que dan principalmente productos gaseosos incondensables también en la prevención, recombinación de los productos de pirólisis primarios a precursores de carbono.

2.1.3. Métodos de obtención del carbón activado

Vázquez *et al.* (2005) Indica que en la ignición de pirólisis de la materia prima sin la presencia del aire y sin la complemento de agentes activantes, se obtiene una distribución poroso simple. La aceleración de la muestra carbonizada incluye el crecimiento de la forma anteriormente generada mediante la inclusión de compuestos químicos. La ignición logra realizarse mediante métodos físicos y químicos.

Según Adolfo, C. (2018), la porosidad de los precursores puede ser muy baja; es insignificante; por este motivo, es vital cosechar una activación del carbón para que aumente sus poros, esta activación se puede especificar como: procedimiento que altera a la muestra

librando compuestos de riesgo en “hidrógeno y oxígeno” logra un fuente rico en carbono, con una distribución de poros notablemente evolucionada que tiene el potencial de adsorber compuestos químicos.

2.1.3.1. Activación por el método físico

Según Vázquez *et al.* (2005) Posee 2 grados: carbonización y activación, por medio de acción de gases oxidantes que incluyen con vapor de agua, aire y dióxido de carbono o combinaciones, siendo el agente energético oxígeno responsable de la activación del máximo de los elementos reactivos del almacén carbonoso, así mismo del alquitrán retenido dentro de la estructura porosa; y la cantidad de combustión varía en función del gas utilizado y de la temperatura de activación. La característica de esta técnica es demasiado consumo de gas durante la activación, la vida útil de las fábricas complementarias para su producción, y el poco rendimiento dentro del nivel de activación.

2.1.3.2. Activación por el método químico

Vázquez *et al.* (2005) hay que recordar que, el procedimiento de activación química se identifica por el hecho de carbonización y la activación se obtienen en un solo paso, ejecutado con la ayuda por desintegración térmica de la muestra impregnada con distribuidores sintéticos, que consisten en “ácido fosfórico, cloruro de zinc, hidróxido de potasio o tiocianato de potasio”. La activación química se consigue únicamente para carbones de materia prima vegetal, el agente activador interviene en los procesos de pirólisis, para minimizar la formación de alquitrán y la aumento de sección líquida. Se consiguen beneficios hasta 50%, y el procedimiento esta en función especialmente mediante la recuperación del activador. Este enfoque de aceleración hace uso de compuestos químicos de los cuales son altos disponibles en el mercado y, además, ahora no es potencial cuando un uso necesario de la biomasa se prefiere con el procedimiento de pirólisis.

Pilamonta, J. (2013) menciona que, se ha evolucionado en el transcurso de la década de 1970 para suministrar los llamados "carbones activados increíbles", regiones de superficie únicas del orden de 3000 m² /g. A diferencia de los agentes activadores opuestos, los precursores preferidos para la activación con KOH son personas con bajo contenido de material inestable y excesivo contenido de carbono, junto con carbones minerales de rango excesivo, carbón, coque de petróleo, etc. En esta activación, el KOH se mezcla con el precursor, en

suspensión acuosa o mediante simple mezcla corporal, en proporciones entre 2: 1 y 4: 1. Cuando la impregnación se ejecuta en medio acuoso, la activación se realiza en dos tratamientos térmicos consecutivos bajo ambiente inerte. El primero a baja temperatura, pero por encima de los doscientos, y el segundo entre los setecientos y los 900°C.

2.1.4. Clasificación de los diferentes tipos de carbón activado

Para Espejo Mamani, *et al* (2017), el carbón vegetal se lleva a cabo a una serie de porosos preparados a través de una manera de carbonización, por lo que tienen un nivel excesivo de la porosidad y una alta superficie interna. Es un producto obtenido a partir de carbón amorfo, ha sido sometido a un remedio de activación con el fin de crecer su región superficial trescientas veces debido a la formación de poros lograr áreas de 1200-1500 m²/g.

La distinción esencial entre un tipo de carbón y otro radica en la forma o asociación de sus átomos. En el caso del carbón activado, éstos se combinan en forma de placas graníticas. El tipo de carbón resultante, dependiendo de si se activa con vapor o con ácido fosfórico, tiene residencias adsorbentes únicas porque los poros formados y la forma del carbón producido son especiales y tiene aplicaciones únicas (Espejo Mamani, *et al.*, 2017).

El carbono que reacciona con el vapor de agua se escapa en forma de hidrógeno y monóxido de carbono dejando una porosidad en la estructura del tejido. La forma, el tamaño y la naturaleza de la formación dependen de elementos como: el tratamiento previo dado a la materia, el lugar de partida de la muestra, del que se hace el carbón activado, la temperatura, etc (Espejo Mamani *et al.*, 2017).

Microporos: aquellos cuyo tamaño medio es inferior a 2 nanómetros
 1 nanómetro = 1, mesoporos: aquellos cuyo diámetro es de 2 a 50
 nm, Macroporos: aquellos cuyo diámetro es superior a 50 nm. Los macroporos se encuentran en primer lugar en la muestra antes de la activación. Los microporos y los mesoporos se forman en alguna fase del método de activación y aportan propiedades del carbono , (Espejo Mamani, Carlos Enrique; Gomez Ramos, 2017).

2.1.5. Características fisicoquímicas

2.1.5.1. Composición química

Sevilla (2011) precisa que, el período de tiempo carbón activado se refiere a más de algunos materiales que fluctúan fundamentalmente de su forma y longitud de las partículas.

Para Sevilla (2011), desde el punto de vista compositivo, el carbón activado es prácticamente carbón puro, al igual que el diamante, grafito y varios carbones minerales o de madera. . Todos ellos tienen las propiedades de la adsorción, que es un proceso físico-químico en el que un sólido denominado adsorbente atrapa en los tabiques formas positivas de moléculas, denominadas adsorbatos, determinadas en un líquido o gasolina. La composición química del carbón activado es alrededor de 75-80% carbón, 5-10% 60% oxígeno y 0.5% hidrógeno.

Como es sabido, diremos que la composición química de la madera se encuentra en el siguiente rango: del cuarenta al 50% de celulosa, del 20 al 30% de hemicelulosa y el 35% de lignina, del 0 al diez por ciento de resinas y otras no posibles de extraer. Sin embargo, la composición química de la madera no puede definirse con precisión para una especie u organización de especies determinada, ya que depende de la parte del árbol, del tipo de madera, de la proximidad geográfica y de las condiciones de cultivo, (Pilamonta, J. 2013).

2.1.5.2. Estructura física

Espejo Mamani, *et al.* (2017) afirma que, el carbón activado tiene una estructura microcristalina que recuerda algo al grafito. Esta forma suministrada por medio de efectos de carbón activado en una distribución de longitud de poros bien definida. Así, pueden destacarse tres tipos de poros en función del radio: macroporos ($r > 25$ nm), mesoporos ($25 > r > 1$ nm) y microporos ($r < 1$ nm).

Para la caracterización de los (macroporos y mesoporos), se hacen por métodos experimentales que deciden la cantidad y macro y mesoporos a través de la intrusión de mercurio DIN 66133.

A raíz de estas mediciones, se recibe una densidad semi-real, que excluye el volumen de la macro y el volumen de los microporos, sin embargo no el volumen de los microporos, la

densidad de la mayoría y la proporción de la porosidad de la muestra también se determinan. Para la microporosidad (Pilamonta, J. 2013) aclara que la localización del suelo sigue la moda de la norma DIN 66131 para decidir la localización de la superficie única completa de las sustancias sólidas mediante la adsorción de combustible en el paso con la versión propuesta por medio de BET.

2.1.6. Aplicaciones del carbón activado

Los programas de carbón activado se basan en dos características: alto potencial y baja capacidad de absorción. La alta capacidad de eliminación de sustancias se debe a la excesiva superficie del suelo interno, su porosidad y la distribución de la longitud de los poros juegan un papel esencial. En popular, los microporos (longitud inferior a 2nm) suministran una región de suelo particular y una alta capacidad de retención, al mismo tiempo que los mesoporos (tamaño entre 2- 50nm), los macroporos (longitud > 50nm) son vitales para mantener moléculas grandes, incluyendo tintes o coloides, y venden la rápida difusión conseguir la admisión de moléculas a la superficie interna del sólido. Por otra parte, el carbón activado tiene una manera de retención de baja especificidad, (Espejo Mamani, Carlos Enrique; Gomez Ramos, 2017).

El carbón activado posee una gran variedad de funciones, como en polvo y gránulos, en medios líquidos y gaseosos. Sus aplicaciones en medios líquidos incluyen la decoloración de licores de azúcar, la purificación del agua (eliminación de olores, colores, compuestos químicos, microorganismos, remedio de aguas residuales, anuncio de agua para su uso dentro de la fabricación de líquidos blandos, decoloración y desarrollo de líquidos alcohólicos (vinos, rones), desinfección de grasas y aceites comestibles, desinfección de proteínas, como remedio en la limpieza de personas, purificación de plasma sanguíneo, disgregación de elementos minerales (oro, plata), entre otros, (Espejo Mamani, Carlos Enrique; Gomez Ramos, 2017).

En medio gaseoso, se utiliza en el acopio y la separación de la gasolina, la máscara de gas, la seguridad antirradiación en la flora de la energía nuclear, la desodorización de los alimentos. Además, posee extensas perspectivas de utilidad como ayuda catalítica y como catalizador en conocido, el carbón se lleva a cabo en medios líquidos mientras que el gránulo se aplica en ambos medios, (Espejo Mamani, Carlos Enrique; Gomez Ramos, 2017).

2.2. Estado del arte

Coronado; Cueva, *et al.* (2016) mencionó que, se evaluó el carbón activado de los siguientes materiales no cocidos: semilla de "shapaja" (*Attalea phalerata*). Se analizaron los carbones recibidos y se determinó el impacto de las siguientes variables: granulometría (-10 / + 20 y -30 / + cuarenta), temperatura (800, 900 y 1000°C) y tiempo de activación (10, 20 y 30 minutos). Según la evaluación realizada, se determinó que los carbones de granulometría -10 / + 20 (gránulos) y -30 / + cuarenta (polvo), activados cada uno de ellos a 900°C y 30 minutos, presentan un potencial de primer orden para su uso tanto dentro de la industria azucarera como en el tratamiento de aguas. Los carbones de granulometría más fina (-30 / + 40), alcanzaron los mejores valores de porcentaje de absorción de azul de metileno, con valores medios de 90,4 y 99,4 por ciento para -10/+20 y -30/+ respectivamente.

Defaz, (2019) se determinó que, la cáscara de arroz se considera un residuo agrícola, lo que provoca una infección ambiental debido a su acumulación o a los gases liberados durante su incineración. El carbón vegetal activado se ha hecho a partir de la cáscara de arroz por medio de la activación física. Las situaciones para la preparación del carbón vegetal se han establecido con la ayuda del diseño experimental, cuyas variables de diseño han sido: tamaño de partícula, temperatura y tiempo. Los resultados presentan que el mejor tratamiento de mufla para proporcionar carbón vegetal para la purificación del agua infectada corresponde a una longitud de partícula de 2-3 mm, sometida a 350°C durante 20 minutos. La purificación del agua infectada se volvió deficiente según los efectos obtenidos, que muestran un auge en todos los parámetros estudiados.

Serrano Guerrero, (2019) menciona que, estudió el carbón activado del endocarpio de *Cocos nucifera*, variando el ambiente de combustión (dióxido de carbono, nitrógeno y aire) y el uso de un ochenta y cinco por ciento de ácido fosfórico en una proporción de ácido de la muestra de 2:1 para su activación con el fin de evaluar su capacidad de adsorción, este carbón activado fue tratado con soluciones de varios metales pesados (Hg, Pb y Cr). En la síntesis, el mejor rendimiento se adquirió en presencia de atmósfera de nitrógeno (64%) y el rendimiento inferior corresponde al del aire, sin enmascarar la muestra (cuarenta y tres%). Las áreas superficiales, en función del azul de metileno como adsorbato, han sido de 117,89 m^2/g y cincuenta y uno,50 m^2/g , respectivamente. En el caso del carbono sintetizado en atmósfera de nitrógeno, se convirtió en el más agradable para adsorber Hg (37%) y Pb (26%), incluso como

el carbono recibido en presencia de aire, sin embargo incluyó el patrón con sílice, se convirtió en el de alta calidad para adsorber Cr (37%).

Ouhammou *et al.* (2019) afirma que, la valorización y la producción de carbón activado a partir de residuos de celulosa, viejos cladodios de *Ficus Optunia cactus*, y el residuo de las semillas de nopal después de la extracción de aceite. Preparación y caracterización de carbón activado (AC) a partir de los dos residuos por tratamiento químico, ácido fosfórico H₃PO₄ a una temperatura de 450°C ha mostrado una muy buena adsorción de azul de metileno y yodo. Este tratamiento ilustra una importante área de superficie de 820m²/g para semillas de residuos y más de 470m² / g para cladodios de cactus residuos.

De Paula *et al.* (2018) señalan que, los carbones activados con excelentes propiedades de textura se han obtenido primero a partir de espuma de poliestireno de desecho (PF). Incluso teniendo en cuenta que el PF no es un material grafitizable, el mejor de CA producida a partir de este precursor tiene una muy alta área superficial BET mayor que 2700m y un volumen de poro de 1,2cm. Como consecuencia, este CA revela una sorprendente capacidad de adsorción de moléculas relativamente grandes y un alto específica captación cuando se aplica como un electrodo de supercondensador. La cantidad máxima de azul de metileno adsorbido obtenido por experimentos por lotes de equilibrio es mayor que 1gg.

Rojas, (2017) afirma que, los examen se llevó a cabo para decidir el nivel de purificación del agua potable de la red con carbón activado de cáscara de nuez (*juglans regia* L.), las unidades experimentales se evaluaron en una botella de plástico de 1 litro, con la misma cantidad de patrón de agua. Se añadieron diferentes cantidades de peso de carbón activado (60g, 120g y 180g) en cada botella, en instancias de retención extraordinarias (40min, ochenta min y 120min) para la reducción de magnesio y hierro. Se llegó a la conclusión de que el tratamiento tres con 180g y 120min redujo el 50,01% de Mn y el cincuenta y cinco 83% de Fe lo mejor.

Castellar *et al.* (2013) argumenta que, este trabajo presenta una observación en la adsorción del colorante azul de metileno (MB) en solución acuosa sobre carbón activado granular (CAG) a 25°C. Se completaron experimentos por lotes para determinar el efecto de la atención inicial (trescientos-1100mg dm-tres) y el pH (cuatro-ocho) en la capacidad de adsorción y el porcentaje de eliminación. Las isothermas de equilibrio se analizaron a partir de las ecuaciones de Langmuir y Freundlich mediante el coeficiente de correlación. La información experimental muestra una excelente adecuación con el modelo de isoterma de

Langmuir. Los valores máximos de capacidad de adsorción de AM en monocapa obtenidos han sido 76,3; 79,4; 80,6; ochenta y tres,3 y 87mg g⁻¹ a pHs de cuatro, cinco, 6, 6, 7 y 8, respectivamente.

Coronado Martínez *et al.* (2016) afirma que, las semillas de nectarina se utilizaron como material no cocido para suministrar carbón activado a través de la activación física y química utilizando el ácido fosfórico (85 %) como agente activador y la pirólisis para el método de carbonización. Se utilizaron diferentes proporciones de impregnación, además de temperaturas máximas únicas para comprobar la diferencia en la capacidad de adsorción. Asimismo, se han realizado isothermas de adsorción con azul de metileno para alcanzar la máxima capacidad de eliminación, convirtiéndose los hechos en modelos de Langmuir y Freundlich y comparando la isoterma con la clase IUPAC. El carbón activado con la mayor relación de impregnación, R = 1 a una temperatura de activación de 550°C resultó ser el más verde con un índice de yodo de 506,87mg /g y alcanzando un desplazamiento de adsorción máximo de 71mg/g con un coeficiente de correlación de R² = 0,73 dentro de la versión de Langmuir.

Se estudió la eliminación del colorante amarillo-naranja con estilos únicos de carbón activado, recibidos de varios recursos de residuos agrícolas. Los carbones se caracterizaron mediante espectroscopia de infrarrojos, difracción de rayos X y microscopia electrónica de barrido, obteniendo resultados ordinarios de sustancias carbonosas. El área del suelo del carbón activado se decidió mediante isothermas de nitrógeno. Asimismo, la isoterma de eliminación del colorante se evaluó pensando en el efecto del tiempo de contacto, el pH, la atención inicial y la cantidad de adsorbente. El carbón de rastrojo de maíz confirmó un mayor porcentaje de eliminación de colorante con admiración a los carbones de cáscara de coco y de cáscara de arroz. La versión de la isoterma de Langmuir se ajusta más adecuadamente a esos resultados. Se observó que la versión cinética de segundo orden describe a la perfección el método de adsorción del colorante naranja-amarillo con los carbones activados (Ensuncho *et al.*, 2015).

Aguirre, (2017) sostiene que, la activación de las semillas de eucalipto con activadores químicos que incluyen H₃PO₄ y FeCl₃ con un tiempo de impregnación de 24 horas, a la temperatura de carbonización de 500°C durante un tiempo de 60 minutos. Para las evaluaciones realizadas, se utilizó un enfoque experimental aleatorio o ANOVA, en el que el precio (P) de la relación (F) es superior o igual a 0,05, no existe una diferencia estadísticamente considerable a un grado de confianza del 95 0%. Los exámenes de adsorción se han completado utilizando 2 g de carbón activado que se han puesto en contacto con 500 ml de solución acuosa de plomo

y arsénico en un tiempo de agitación de 2 horas y 300rpm de velocidad, permitiendo obtener carbones activados con potencial de adsorción de metales pesados como Pb(II) y As(V); eliminando el 98,7% de Pb(II) y el 70,3% de As(V) en soluciones acuosas en un tiempo de agitación de 75 a 120 minutos y a un pH tendencialmente ácido de 4,97 y 5,6. Los carbones activados resultantes muestran una gran eficacia en la adsorción de metales pesados en respuestas acuosas.

Zevallos Rojas, (2018) menciona que, a partir de tallos de *Gypsophila elegans* (Illusion); el precursor fue evaluado en parámetros de humedad, volátiles, carbón constante y cenizas; mediante estrategias gravimétricas; obteniendo, como valores promedio: trece.062% de humedad, 27.425% de volátiles, carbón constante 55.243% y cenizas 4.270%. Posteriormente, los tallos fueron cortados y ubicados en una mufla a 250°C durante 5 minutos; el carbón recibido se activó con una solución de hidróxido de potasio a temperaturas de 450, 500 y 550°C durante intervalos de 30, 60 y 90 minutos, obteniéndose nueve muestras en las que se evaluó su capacidad de adsorción de azul de metileno mediante espectrofotometría visible; el resultado fue que los mejores porcentajes de adsorción llegaron a ser 99. El resultado fue que el mejor porcentaje de adsorción se convirtió en el 99,53% y el 98,68%, similar al del carbón activado a 450°C, en el transcurso de una duración de 60 y 90 minutos, respectivamente.

Sanches *et al.* (2020) manifiesta que, la eficiencia de los carbones activados elaborados a partir de endocarpio de "coco" y semilla de "aguaje" se comprobó, los carbones activados se habían hecho a temperaturas de carbonización únicas (500°C 600°C 700°C) para cada tejido crudo utilizado, el ácido fosfórico (H₃PO₄) se utilizó como agente activador a una atención del 85% y el tiempo de carbonización fue de 30 minutos. De acuerdo con las consecuencias, se adquirió que las eficiencias de eliminación para cada temperatura y con endocarpio de "coco" son del noventa y siete,69% y noventa y siete,69% respectivamente y las eficiencias de eliminación con "semilla" de aguaje pasaron a ser del cien por ciento 90,77% y noventa y cinco,38 El rendimiento más alto se alcanzó con una temperatura de carbonización de 600°C para un carbón activado elaborado a partir de endocarpio de coco, y el mismo con una temperatura de carbonización de 500°C para un carbón activado elaborado a partir de semilla de aguaje.

Por otro lado Reyes Regueiro, R. (2018), determino las condiciones óptimas de activación para maximizar el rendimiento del carbón activado a partir de cáscaras de café (HAC) y de cacao (CAC) y la eliminación de níquel (II). Mediante el enfoque de la disposición

factorial, la optimización de respuestas múltiples y la evaluación de la varianza (ANOVA), se han decidido las situaciones más seguras para el HAC: temperatura 850°C, tiempo de activación 30,5 min y cantidad de agua 10mL, siendo la deseabilidad 0,821 y las respuestas previstas de la máquina 53,11% y 50,58mg/g; para CAC: temperatura 850°C, tiempo de activación 39,0 min y cantidad de agua 10mL, siendo la deseabilidad 0,603 y las respuestas previstas del dispositivo 58,72% y 53,40mg/g respectivamente.

Según Rojas-Morales *et al.* (2016), la capacidad de adsorción en carbones activados, obtenidos a partir de lodos de un matadero de gallos de barrio. El precursor se activó con H₃PO₄ al 10, 20, 30 y 35% en una proporción 1:1. La pirólisis se completó a 450°C durante 2 h, en ambiente de N₂ a una carga de deslizamiento de cincuenta ml/min, obteniéndose carbones C10, C20, C30 y C35. El DARCOG 60 se utilizó como carbón activado de referencia. La capacidad de adsorción de los carbones activados obtenidos se evaluó mediante el método del índice de azul de metileno (MB). El adsorbente de primera categoría se caracterizó en términos de contenido de humedad, cenizas, densidad aparente y pH. Se determinó su composición elemental (CHNO), espectrofotometría infrarroja FTIR y microscopía electrónica de barrido SEM. El C35 obtuvo la mejor adsorción de colorante (88,44% de eliminación y 43,48 mg de AM/g de C35). El DARG 60 confirmó una eliminación del 86,43% de AM.

Albis Arrieta *et al.* (2019) Informa que, la modificación de la cáscara de yuca con ácido fosfórico para la eliminación del azul de metileno de soluciones acuosas. Se utilizó una técnica experimental con una disposición compuesta, variando la temperatura de cambio de la cáscara de yuca (113°C a 127°C), la relación biomasa-ácido fosfórico (1:0,5 a 1:1,5) y la atención inicial del colorante (cien a 800mg/L), utilizando como variables de respuesta el porcentaje de eliminación y la capacidad de adsorción. Se observó que, para la proporción de eliminación del colorante, la variable de máxima importancia es la temperatura y que la capacidad de adsorción se ve favorecida a altas concentraciones de colorante.

Segura, O. G. (2017) afirma que, el carbón activado (CA) compuesto por madera de *Acacia macracantha* demostró que el carbón activado adquirido ofrece una superficie de 1480 m² g⁻¹, es microporoso, ofrece un tamaño de partícula muy inferior a 0,25 nm, un pH de cinco,90 y tiene un alto rendimiento dentro de la eliminación de colorantes junto con el azul de metileno, eliminando hasta el cien por cien a concentraciones preliminares de hasta 80ppm y más del 90% a concentraciones de ciento veinte ppm, con una dosis absorbente de 0,5 gL⁻¹.

Rincón *et al.* (2015) afirma que, los carbones procedentes del Cerrejón para que usted pueda examinar las condiciones de activación distintivos para adquirir carbones activados con casas especiales de interés. Estos habían sido caracterizados mediante índices de yodo y azul de metileno (ASTM D 4607, NTC 4467). Se observó que el carbón activado adquirido mediante activación física tenía un potencial de adsorción de colorantes de hasta el 70% y, por lo tanto, se llevará a cabo en el tratamiento de agua comercial infectada con colorantes utilizados en la empresa.

Ávila, C. (2011) menciona que, utilizó bagazo de *Agave salmiana* (BA) para la eliminación de azul de metileno (MB) en respuestas acuosas por sorción. La información experimental se había decidido en reactores por lotes con una relación de extensión de masa de 0,1 g/40 ml y el impacto del pH de la respuesta y la temperatura en la capacidad de adsorción se convirtió en estudiado. Los valores de pH y temperatura se mantuvieron constantes dentro del rango de cinco a diez y de 25 a 35°C, respectivamente. El bagazo se lavó con HCl 0,1 N. La cantidad adsorbida se calculó mediante un balance de masas y la concentración de AM se determinó mediante espectrofotometría UV-Visible a una longitud de onda de 664 nm.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Lugar de ejecución

El presente trabajo de investigación se realizó en el laboratorio de Fitoquímica Forestal de la Facultad de Recursos Naturales de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), Distrito de Rupa Rupa, Provincia de Leoncio Prado, Región Huánuco.

Geográficamente se localiza en las siguientes coordenadas.

Tabla 1. Coordenadas UTM de lugar de investigación.

Lugar	Coordenada	
	Este	Norte
UNAS	390312	8970774

Fuente., elaboración propia

3.1.1. Zona de vida

Según la clasificación de zonas de vida o formaciones vegetales del mundo y el diagrama bioclimático de Leslie R. Holdridge, la región de Tingo María se posiciona dentro de la formación vegetal de bosque muy húmedo Pre-montano Tropical (bmh-PT) de acuerdo con Javier Vidal Pulgar Tingo María pertenece a la selva excesiva o Rupa Rupa.

3.1.2. Clima

Según los registros de la estación meteorológica José Abelardo Quiñones de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, el lugar tiene una temperatura media anual máxima de 29,7°C y una media anual mínima de 20,4°C, con una temperatura media anual de 25°C. La precipitación media anual es de 3.300 mm, con las mejores lluvias entre octubre y abril, alcanzando su pico máximo en enero con una media mensual de 483,6 mm. Además, tiene una humedad relativa anual del 80%.

3.2. Materiales y métodos

3.2.1. Materiales y equipos

– **Materiales vegetal**

Se utilizó como material lignocelulósico aproximadamente un kilogramo de residuos de aserrín de Bolaina blanca Guásima Crinita.

– **Materiales y reactivos**

Entre los materiales que se usaron fueron (dos tubos de ensayo, cuatro columnas, fosforo, un tapón, un balón de gas, cuatro crisoles, una pinza, cinco vasos de precipitado, cinco placa Petri, un luna reloj, dos pipetas, bomba de succión, 15 cañas de sorbete, cinco reguladores, papel filtro 200mm). Los reactivos que se usaron para la presente tesis fueron los siguientes (hidróxido de potasio, ácido clorhídrico diluido y azul de metileno).

– **Equipos**

Entre los equipos usados son los siguientes: espectrofotómetro UV- visible (THERMO SCIENTIFIC) rango 400 a 800nm, mufla (FURNACE 1300), balanza analítica (PIONER OHAUS 220g) capacidad y error y agitador magnético (THERMO SCIENTIFIC)

3.2.2. Método

3.2.2.1. Obtención del carbón a partir de los residuos de cajonerías

Se recolectó los residuos de aserrín de las cajonerías en localidad de Naranjillo en el Distrito de Luyando, posteriormente los residuos fueron secados a temperatura ambiente no sin antes tamizar con malla 50 micras. Finalmente, se realizó los siguientes análisis físicos:

a) Determinación de contenido de humedad de los residuos

Se utilizó el sistema montado en la NTP 251.010, que incluye el pesaje de las muestras (pha), su secado en la estufa regulada a $103\pm 2^{\circ}\text{C}$ hasta un peso consistente y la determinación del peso seco (psa). El porcentaje de humedad se determinó mediante el siguiente sistema:

$$ch = \frac{pha - psa}{pha} \times 100 \quad (1)$$

Donde:

- ch: contenido de humedad del residuo (%)
- pha: peso húmedo del residuo (g)
- psa: peso seco del residuo (g)

b) Determinación del porcentaje de cenizas de los residuos

Se pesaron 5,012 gramos de serrín, "en el interior de un crisol de porcelana bien secado y enfriado. A continuación, el crisol y su contenido se colocaron en el interior de la mufla a una temperatura de 500°C durante un período de dos horas, hasta su total incineración. Esto se validó observando el tono blanquecino de la ceniza. Finalmente, la pastilla con la ceniza se retiró, se situó dentro de la campana de secado y se dejó enfriar durante 30 minutos. El peso de las cápsulas con la ceniza se determinó entonces deduciendo el peso del crisol". El contenido de cenizas se determinó de acuerdo con la norma ASTM D-1762, utilizando el siguiente método:

$$c = \frac{pc}{pha} \times 100 \quad (2)$$

Donde

- c: peso de ceniza del residuo (%)
- pc: peso de ceniza (g)
- pha : Peso húmedo o acondicionado del residuo (g)

c) Proceso de pirólisis de residuos de cajonerías

El carbón se obtuvo mediante el proceso de pirólisis, a este proceso se le denomina proceso anóxico “debido a que se desarrolla sin la intervención del oxígeno”. Una vez recolectados los residuos se secaron en el secador solar del laboratorio de Fitoquímica a temperatura ambiente por tres días, se pesó 10g de aserrín en el tubo de ensayo luego se tapó con el tapón, y se calentó con el mechero bunsen por la parte exterior del tubo a una temperatura de 400°C por un periodo de tiempo de 20 minutos hasta la formación del carbón y la liberación de gases combustibles y alquitrán (ver anexo 2), este proceso se repitió dos veces con la finalidad de obtener 20g de carbón vegetal.

El rendimiento de carbón (R), se determinó mediante la siguiente fórmula.

$$R = \frac{pc}{ps * k} x 100 \quad (3)$$

Donde

- R: rendimiento de carbón (%)
- pc: peso seco de carbón (g)
- ps: peso seco de materia prima (g)
- k: fracción de masa seca

3.2.2.2. Activación del carbón, con el uso de KOH

Se pesó 1g de carbón para todos los tratamientos, así mismo se preparó la solución de hidróxido de potasio con agua destilada teniendo en cuenta las siguientes concentraciones: (0,0184; 0,0264; 0,0344; 0,0424 y 0,0504mg/ml de (KOH)/ carbón, una vez mesclado el carbón con la solución de KOH en la vaso precipitado se agito en el agitador magnético durante 2 horas, seguidamente se realizó la activación del carbón en la mufla en las siguientes condiciones: 60 minutos a 300°C , 45 minutos a 400°C y 30 minutos a 500°C. Finalmente se

procedió el lavado con agua destilada para remover residuos de hidróxido de potasio y otros durante la activación.

a) **Determinación de densidad aparente**

Se determinó la densidad aparente mediante el método de la probeta, por lo se introduce la muestra en un recipiente de volumen conocido, posteriormente se toma el volumen que se almacena en el recipiente sin ejercer presión alguna sobre la muestra mediante la siguiendo la fórmula:

$$Da = \frac{pc}{v} \quad (4)$$

Datos:

Da: densidad aparente (g/cm³)

pc: peso de carbón (g)

v: volumen (cm³)

3.2.2.3. Prueba de absorción de azul de metileno: Método Espectrofotométrico

Para la absorción del colorante de azul de metileno; se pesó 0,3000g de carbón activado en un sorbete para todos los tratamientos, se colocó en un soporte universal, paralelamente a ello se preparó una solución de azul de metileno a 0,0375mg KOH/ml, de ello se usó 10 ml por tratamiento, el filtrado obtenido se recolectó en vaso precipitado para su posterior lectura en espectrofotometrometro de ultravioleta - visible.

– Curva de calibración

Para determinar la curva de calibración se preparó cuatro estándares con las siguientes concentraciones: 1,5ppm; 2,25ppm; 3ppm y 3,75ppm. Los cuales se leyeron en el espectrofotómetro UV-VIS a 664nm.

– **Cálculo de porcentaje de absorción de carbón activado:**

Para determinar el porcentaje de absorción del carbón activado se utilizó una solución de azul de metileno, como ya se describió anteriormente, y se determinó la remoción del colorante utilizando la curva de calibración, los resultados fueron evaluados con la siguiente ecuación:

$$A = \frac{c_i - c_f}{c_i} \times 100 \quad (6)$$

Datos:

A: absorción (%)

c_i : concentración inicial

c_f : concentración final

– **Diseño de la investigación**

En el presente diseño de la investigación se evaluaron las siguientes variables:

Variable a evaluar

Variable independiente:

- Variable 1: Tiempo (45 minutos) factor (A)
- Variable 2: Temperatura (300°C, 400°C y 500°C) factor (B)
- Variable 3: proporción de KOH (mg/ml)/carbón(g):
(0,0184:1; 0,0264:1; 0,0344:1; 0,0424:1 y 0,0504:1) factor (C)

Variable dependiente:

- Porcentaje de absorción del carbón activado

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Obtención del carbón a partir de los residuos de cajonerías

Tabla 3. Características fisicoquímicas del carbón obtenido a partir de los residuos de las cajonerías.

Parámetro	Cantidad (%)
Contenido de humedad	28,49
Contenido de ceniza	10,92
Rendimiento de carbón	35,08

Fuente: Elaboración propio

Después de analizar los resultados del carbón de residuos de cajoneras, se obtuvo un contenido de humedad de 28,49%, Sin embargo Adolfo, (2018) encontró 13,062% contenido de humedad que reportó para los tallos de *Gypsophila elegans* (Ilusión) como precursor de carbón activado, empleando el mismo agente activante (KOH) estos residuos, se usaron con la finalidad de encontrar la condición optima de activación del carbón. Del mismo modo Coronado Martínez *et al*, (2016) demostró un contenido de humedad, que presenta un valor promedio de 14,7%, a partir de semillas de “Shapaja” (*Attalea phalerata*), este valor está dentro de los parámetros establecidos, en partículas de tamaño de 0,07mm según (Paola *et al*, 2011). Por otro lado en trabajos similares Dias, A. (2019) demostró que el contenido de humedad es 37.45 % de la pulpa de cereza de café de la variedad caturra (*Coffea arabica*) indica que hay valores dispersos. Las variaciones en el contenido de humedad dependen de muchos factores, como las condiciones ambientales y la especie en estudio, ya que la constitución de química y anatómica influyen en la absorción de humedad.

Se determinó el porcentaje de ceniza del carbón activado con 10,92% así mismo Caracela, P. G. (2000) afirma que el contenido de cenizas para el carbón de lentejas de agua es de 8,98%, para Zamora, G. N. (2010), la Shapaja con el grano más grueso (+ 16) tiene 8,43% de cenizas y el grano más fino (-100), 17,85% de ceniza, cabe resaltar que el contenido de cenizas de los residuos de cajonerías se encuentra dentro de los rangos admisible. Sin embargo Adolfo, (2018) demostró un contenido menor de ceniza con un 4,27% residuos de *Gypsophila*

elegans (Ilusión) como precursor. Además en otros trabajos similares Para Dias, A. (2019) porcentaje de cenizas es 21.6693 % de la pulpa de cereza de café de la variedad caturra (*Coffea arabica*). El contenido de cenizas se ve influenciado principalmente por el la cantidad de minerales disponibles en el tipo de suelo donde se ha desarrollado la especie, así como también la información genética de la misma.

Así mismo se manifiesta el rendimiento de carbón vegetal con 35,08% de los residuos de cajonerías, Coronado Martínez *et al*, (2016) demuestra que encontró un rendimiento promedio de carbón vegetal de Shapaja de 35,8% a tal caso de comparaciones afirmamos que los residuos de cajonerías presenta buen rendimiento para el carbón vegetal. En otros trabajos similares Chavez, G. Silvestre, J. *et al.*, (2017) encontró el rendimiento de la madera de Huarango (*Acacia macracantha*) fue de 33,8% en comparación con la madera de otras especies, incluyendo Quinilla, Shihuahuaco y Capirona estudiadas por Gonzales y Teruya (2004), quienes decidieron que esas especies tienen un rendimiento de 17,9%, 15,6% y 26,8% respectivamente, citado por (Chavez, G. Silvestre, J. *et al.*, 2017). Así mismo Postgrados, (2018) encontró rendimiento de los carbones a partir de cascara de coco (*Cocos nucifera*) ecuatoriano y peruano fue de 47% y 51% .Estos resultados están dentro de la variedad indicada mientras se trabaja con sustancias lignocelulósicos.

El rendimiento de carbón se ve influenciado por muchos factores como, las condiciones del proceso de pirólisis, en una pirólisis lenta habrá más rendimiento de carbón que en una pirólisis rápida, otro factor las características físicoquímicas de la especie y finalmente la información genética de la especie. Lo que marco mayor diferencia fue contenido de humedad teniendo en cuenta que son diferentes precursores y así mismo las condiciones de análisis (humedad relativa, tiempo y temperatura), del mismo modo en las propiedades de cenizas y rendimiento, la diferencia no fue tan significativo, los valores obtenidos de estas propiedades coinciden con los trabajos citados.

4.2. Activación del carbón, con el hidróxido de potasio (KOH)

La activación se realizó con el compuesto químico de hidróxido de potasio (KOH) con concentraciones diferentes de hidróxido de potasio/ carbón (0,0184:1; 0,264:1; 0,0424:1 y 0,0504:1mg/ml/ g de carbón) así mismo a temperaturas diferentes de 300°C, 400°C y 500°C simultáneamente, seguidamente se determinó la densidad aparente.

4.2.1. Determinación de densidad aparente

Tabla 4. Valores obtenidos de densidad aparente de carbón activado

Temperatura	Tratamientos	Densidad aparente g/cm ³
300 °C	1	0,0783
	2	0,0859
	3	0,0979
	4	0,0846
	5	0,0938
400°C	1	0,0872
	2	0,0869
	3	0,0870
	4	0,0856
	5	0,0909
500°C	1	0,0811
	2	0,0752
	3	0,0754
	4	0,0792
	5	0,0771

Fuente: Elaboración propia

Según los valores alcanzados hacia las temperatura de activación a 300°C grados se mostró un promedio de la densidad aparente 0,088g/cm³ así mismo para la activación de 400°C grados se mostró un promedio 0,0875g/cm³ de la densidad aparente, finalmente a 500° grados obtuvimos un promedio de 0,0776g/cm³, Coronado Martínez et al.(2016) afirma que, el carbón activado en polvo, ligeramente más altos, con un máximo de 0,81g/cm³.

Por otro lado Albis, Arrieta *et al.* (2019) encontró que la densidad aparente tanto de la cáscara de yuca modificada se reportó en 0,22mg/L. así mismo Guevara Benavides, M. (2019) encontró la densidad aparente es 0,445g/cc que corresponde al tratamiento con 400°C de temperatura a un tiempo de 180 min y el valor máximo es 0,6197g/cc para el tratamiento a 500°C y 150 min, ver anexo 1.

Finalmente Paola *et al.*, (2011) afirma que la densidad aparente promedio para el carbón activado de lenteja de agua es de 0.46g/cm³, se establece que la densidad aparente está comprendido entre 0,26 a 0,65g/cm³ por la norma ASTM D – 2854, de manera que el carbón obtenido está dentro del rango establecido a partir de los residuos de cajonerías.

La variación de la densidad aparente depende de la composición química de las moléculas y minerales de los cuales está constituido el carbón, que a su vez depende de la especie y condiciones en las que fue elaborado, así mismo la geometría de los constituyentes químicos

4.3. Determinación de porcentaje de adsorción de azul de metileno

4.3.1. Determinación de curva de calibración

Tabla 5. Valores estándares obtenidos para la determinación de curva de calibración

Curva de calibración	
Concentración (ppm)	Absorbancia
1,5	0,2680
2,25	0,4180
3	0,6030
3,75	0,7800

Fuente: Elaboración propia

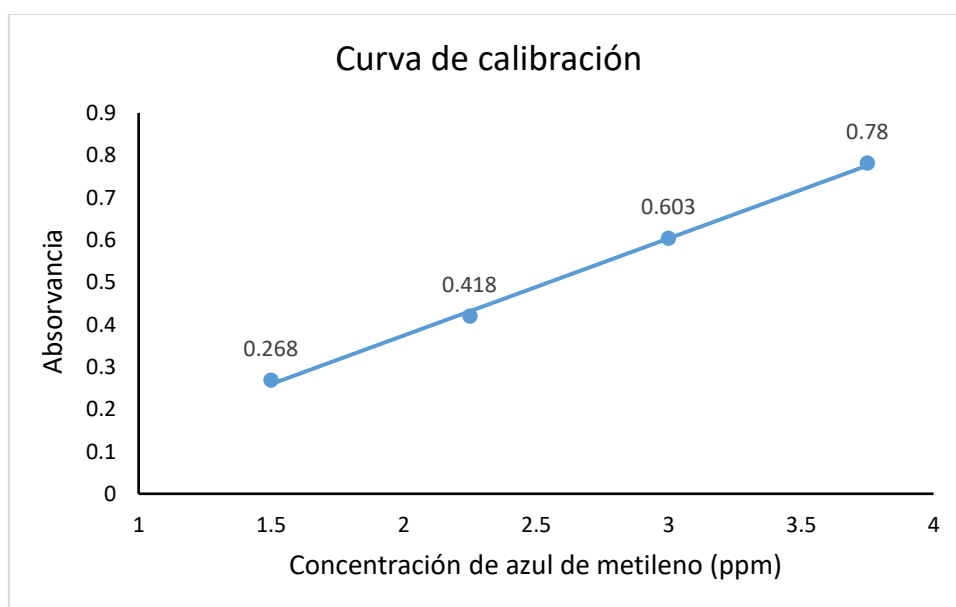


Figura 1. Curva de calibración de azul de metileno

Fuente: elaboración propia

Durante la determinación de la curva de calibración del azul de metileno, se hizo posible adquirir la ecuación que nos permite decidir la atención final del azul de metileno contemplando el estudio de la absorción principal.

$$y = 0,2295x - 0.0851 \quad (R^2 = 0,9981)$$

A continuación, se muestra los resultados de remoción final de azul de metileno en (ppm) de cada temperatura en función de la adsorción de azul de metileno.

Tabla 6. Contracción final de azul de metileno (ppm) a temperatura de 300°C

T300°C		
Tratamiento	Absorbancia	Concentración (ppm)
1	0,14	0,9808
2	0,127	0,9241
3	0,132	0,9459
4	0,129	0,9328
5	0,112	0,8588

Fuente: Elaboración propia

De estos resultados obtenidos mencionamos que el tratamiento uno tuvo presente mayor adsorción 0,9808ppm, seguidamente el tratamiento tres 0,9459ppm y finalmente el número cuatro 0,9328ppm.

Tabla 7. Concentración final de azul de metileno (ppm) a temperatura de 400°C

T 400°C		
Tratamiento	Absorbancia	Concentración ppm
1	0,087	0,7498
2	0,1	0,8065
3	0,111	0,8544
4	0,106	0,8326
5	0,108	0,8413

Fuente: Elaboración propia

Según el cuadro de porcentaje los tratamientos con mayor remoción fueron: tratamiento 1 con mayor remoción de 0,7498ppm, seguido por el número 2 con 0,8065ppm y finalmente el número cuatro obteniendo una remoción de 0,8326ppm.

Tabla 8. Contracción final de azul de metileno (ppm) a temperatura de 500°C

T 500°C		
Tratamiento	Absorbancia	Concentración (ppm)

1	0,126	0,9198
2	0,133	0,9503
3	0,127	0,9241
4	0,157	1,0549
5	0,121	0,898

Fuente: Elaboración propio

Así mismo mencionamos que el tratamiento cuatro con mayor remoción de 1,0549ppm, tratamiento dos con 0,9503ppm y tratamiento uno presento 0,9198ppm a los 500°C.

Los valores obtenidos de las diferentes temperaturas mencionadas (300°, 400° y 500°C) cabe recalcar que el tiempo de activación influye en el grado de remoción, dicho esto mencionamos que a los 300°C rondan de los 0,8588ppm a los 0,9808ppm promedios tiempo de activación 1 hora de igual manera los tratamientos de 400°C se obtuvo valores hasta 0,7498ppm a 0,8413ppm siendo estos los que tuvieron mayor remoción del colorante de azul de metileno con un periodo de activación de 45 minutos, finalmente a los 500°C también se mostró los valores de remoción de 0,898ppm hasta 0,9198ppm con un periodo de activación de 30 minutos, cabe mencionar que con estos experimentos lo que se busca es la condición optima de activación del carbón activado con los residuos obtenidos.

4.3.2. Absorción de azul de metileno: Método de Espectrofotometría

Tabla 9. Porcentaje de adsorción del colorante de azul de metileno

Temperatura	Tratamientos	Concentración inicial (ppm)	Concentración final (ppm)	Adsorción (%)
300°C	1	37,5	0,9808	97,38
	2	37,5	0,9241	97,54
	3	37,5	0,9459	97,48
	4	37,5	0,9328	97,51
	5	37,5	0,8588	97,71
400°C	1	37,5	0,7498	98,00
	2	37,5	0,8065	97,85
	3	37,5	0,8544	97,72
	4	37,5	0,8326	97,78
	5	37,5	0,8413	97,76
500°C	1	37,5	0,9198	97,55
	2	37,5	0,9503	97,47
	3	37,5	0,9241	97,54

4	37,5	1,0549	97,19
5	37,5	0,898	97,61

Fuente: Elaboración propia

Según los resultados obtenidos, estadísticamente el tratamiento 1 presentó un mayor porcentaje de absorción de 98% a una temperatura de 400°C, seguidamente el tratamiento 2 con una absorción de 97,85% a una temperatura de 400°C, y por el último el tratamiento número 4 de la misma temperatura con 97,78% de absorción según estos valores obtenidos constatamos que la absorción es muy eficiente, a diferencia Rosas, J. M. (2012) demostró que PZM y GAT, RMS presentó una sencilla manera sigmoideal, es cascar, a agrupaciones mínimas coexistieron derivados con mínimas relaciones de remoción de AM (68-75,8; 59,7; 63,6 y 61,4; 71,1% a 25, 35 y 45°C respectivamente, y $Co = 5-40 \text{ mg L}^{-1}$) que a concentraciones sigla medias (76,4, 71,6 y 71,7% a 25, 35 y 45°C, respectivamente, y $Co = 100 \text{ mg L}^{-1}$).

Los resultados reportados por Aguirre, (2017) indica que, en soluciones acuosas con un tiempo de agitación de 75 a 120 minutos, removiendo el 98,7 % Pb(II) y el 70,3%. Por otro lado Aguirre, (2017) establecieron un tiempo de equilibrio de 120 minutos, obteniendo remociones superiores al 98,7%. Sin embargo Rojas Sacatuma, (2017) demostró que el carbón activado de cáscara de nogal reduce metales de Manganeso y Hierro, el Tratamiento 3 con 180g y 120min reduce un 50,01% de Mn y 55,83% de Fe, siendo el más efectivo. En estudios similares Carrillo Quijano, (2013) demostró que la adsorción óptima se muestra con la adsorción de 210 mg/g de azul de metileno, además Serrano Guerrero, (2019) indica que el resultó mejor para adsorber Hg (37%) y Pb (26%), en cambio el obtenido en presencia de aire, pero cubierta la muestra con sílice, fue el mejor para adsorber Cr (37%)

Así mismo se demostró que la condición óptima del carbón activado fue a una temperatura de 400°C con diferentes proporciones de hidróxido de potasio tales como a (0,46g; 0,66g y 1,06g) con un gramos constante de carbón, de estas evaluaciones se obtuvo el porcentaje de adsorción más alto con 98%, 97,85% y 97,72% sucesivamente logrando un mejor remoción de azul de metileno por un periodo de tiempo de combustión de 45 minutos, este proceso se repitió para cada temperatura de incineración, seguidamente mencionamos que a los 300° con las mismas concentraciones del compuesto químico no se logró obtener las condiciones óptimas de activación detallando que la mayor absorción fue de 97,71% con una concentración de (1,26g de KOH) por un gramo de carbón con tiempo de activación de una hora y finalmente a una temperatura de 500° también se repitió el mismo proceso con las concentraciones mencionas

en el anterior, logrando tener el valor de remoción de azul de metileno de 97,76% con una concentración de (0,46g de KOH) y un gramo de carbón.

En otros trabajos similares (Bastidas *et al.*, 2010) demostró que, el carbón activado adquirido a partir del endocarpio de coco alcanzó la mejor posición BET de 1200 m²/g, y adsorbió la mayor cantidad de fenol. Sin embargo, (Valenzuela Padilla & Torres Pérez, 2020) afirma que los carbones activados obtenidos de cáscara de nuez, se han determinado el tiempo de equilibrio y el potencial máximo de eliminación de CACN para los colorantes A5 y R40 en medio destilado (MD), y para el artilugio bicomponente (A5-R40) en medio iónico (MI) y en medio destilado, la eliminación máxima de colorante dentro de las estructuras CACN-MD/ A5 y R40 fue del 95%.

Otros autores establecieron que a una temperatura de 450°C la adsorción excelente se mostró con la ayuda del carbón activado durante una duración de 60 minutos, con un noventa y nueve,529% de adsorción, a esta temperatura se determinó adicionalmente que la activación durante 30 minutos llegó a ser del 88,758%, usando precursores de residuos de *Gypsophila elegans* (Ilusión) (Adolfo 2018).

V. CONCLUSIONES

Se logró obtener el carbón a partir de residuos de cajonerías de Bolaina blanca *Guazuma crinita*, teniendo un rendimiento de 35,08%; contenido de humedad 28,49%, porcentaje de ceniza 10,92%; lo que indica que esta especie es una buena materia prima para producir carbón vegetal.

Se logró realizar la activación del carbón con el hidróxido de potasio con diferentes tratamientos ya mencionadas en los resultados, así mismo, se determinó la densidad aparente para cada temperatura de activación a 300°C con un promedio de 0,088g/cm³, a 400°C con un promedio 0,0875g/cm³ y finalmente a 500°C con un promedio de 0,0776g/cm³, respectivamente.

Los tratamientos que presentaron mayor remoción del colorante fueron el tratamiento 1 a 400°C con 98% absorción seguido del tratamiento 2 con 97,85% de absorción, y por el ultimo el tratamiento 4 con 97,78% de absorción.

VI. RECOMENDACIONES

Realizar otras investigaciones con diferentes especies y con diferentes tamaños de materia prima con la finalidad de conocer los valores agregados de las especies forestales en residuos.

El tiempo de activación, no debe ser mayor a 2 horas de contacto entre la materia prima y el agente activante, debido a que el rendimiento puede disminuir por las reacciones de desvolatilización de la materia orgánica.

Posteriormente de realizar la activación química, realizar un lavado del material activado con agua destilada, a fin de no reducir el porcentaje de remoción.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Adolfo, R. C. (2018). *Obtencion de carbon activado a partir de residuos organicos de Gypsophila elegans (ilusion) del distrito de cayma y su evaluacion como adsorbente de plomo (II) en solucion acuosa*. 72.
- Aguirre, N. (2017). ADSORCIÓN DE METALES PESADOS (Pb y As) CON CARBÓN ACTIVADO A PARTIR DE SEMILLAS DE EUCALIPTO (*Eucalyptus globulus*). *Universidad Nacional Del Altiplano Puno*, 118. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/7397>
- Albis Arrieta, A., Llanos Reales, H., Galeano Gil, J., & García Moreno, D. (2019). Adsorción de azul de metileno utilizando cáscara de yuca (*Manihot esculenta*) modificada químicamente con ácido oxálico. *Revista ION*, 31(2), 99–110. <https://doi.org/10.18273/revion.v31n2-2018007>
- Ávila, C. (2011). *Remoción de azul de metileno en agua empleando bagazo de agave salmiana como bioadsorbente*. 1–92. https://www.google.cl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKewjT8_O3z_jMAhVETJAKHSUJCLIQFggaMAA&url=http://comunidadpmpca.uaslp.mx/documento.aspx?idT=110&usg=AFQjCNHBacDGQHxhOKsbNgnzhagJJteKCw&sig2=Hvs284FNTLSrPquzUh5VOg&bvm=bv.122852650,d.Y2I
- Bastidas, M., Buelvas, L. M., Márquez, M. I., & Rodríguez, K. (2010). Activated carbon production from carbonaceous precursors of the Department of Cesar, Colombia. *Informacion Tecnologica*, 21(3), 87–96. <https://doi.org/10.1612/inf.tecnol.4289it.09>
- Cantones, A. D. T., Interandina, Z., Investigadores, D., Naturales, F. D. R., Javier, D., & Guamán, Q. (2018). *Estimación De Los Residuos Forestales En Los*. 14(30), 228–239. <https://doi.org/10.19044/esj.2018.v14n30p228>
- Carrillo Quijano, C. (2013). Producción de carbón activado y sílice a partir de cascarilla de arroz - una revisión. *Scientia et Technica*, 18(2), 422–428. <https://doi.org/10.22517/23447214.7855>
- Castellar, G., Angulo, E., Zambrano, A., & Charris, D. (2013). Equilibrio de adsorción del

- colorante azul de metileno sobre carbón activado. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 16(1), 263–271. <https://doi.org/10.31910/rudca.v16.n1.2013.882>
- Coronado Martínez, M. D. C., Cueva-Gálvez, G. E., Gonzáles Mora, H. E., & Carrasco Pérez, P. (2016). Obtención de carbón activado del endocarpio de shapaja (*Attalea phalerata*) procedente de la región San Martín, empleando un método físico. *Revista Forestal Del Perú*, 31(2), 90. <https://doi.org/10.21704/rfp.v31i2.1030>
- De, E., Programa, P., Doctorado, D., Paola, Y., Coila, A., Optar, P., Grado, E., & De, A. (2000). *Universidad Nacional Del Altiplano*. 2006–2011.
- de Paula, F. G. F., de Castro, M. C. M., Ortega, P. F. R., Blanco, C., Lavall, R. L., & Santamaría, R. (2018). High value activated carbons from waste polystyrene foams. *Microporous and Mesoporous Materials*, 267, 181–184. <https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2018.03.027>
- Defaz, H. (2019). *Aplicación de carbón activado proveniente de la cascarilla de arroz como filtro purificador de agua*. 1–79.
- Del, I., Activado, C., & Huarango, O. D. E. (2017). *Ingeniero ambiental*.
- Ensunchó, A. E., Robles, J., & Carriazo, J. G. (2015). Adsorción Del Colorante Amarillo Anaranjado En Solución Acuosa Utilizando Carbones Activados Obtenidos a Partir De Desechos Agrícolas. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 81(2), 135–147. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v81i2.23>
- Escalante, A., Pérez, G., Hidalgo, C., López, J., Campo, J., Valtierra, E., & Etchevers, J. (2016). Biocarbón (biochar) I: Naturaleza, historia, fabricación y uso en el suelo Biocarbon (biochar) I: Nature, history, manufacture and use in soil. *Terra Latinoamericana*, 34, 367–382. <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v34n3/2395-8030-tl-34-03-00367.pdf>
- Espejo Mamani, Carlos Enrique; Gomez Ramos, C. J. (2017). Facultad de ingeniería. *Universidad Privada Del Norte*. <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/27098>
- Jaén, L., Ruiz, O., Oscar, L., Barrera, P., & Jaén, L. (2006). *Introducción*.
- Ouhammou, M., Lahnine, L., Mghazli, S., Hidar, N., Bouchdoug, M., Jaouad, A., Mandi, L., &

- Mahrouz, M. (2019). Valorisation of cellulosic waste basic cactus to prepare activated carbon. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 18(2), 133–140. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2017.03.003>
- Para, T., El, O., Profesional, T., En, I., & Alimentarias, I. (2019). *Universidad nacional de jaén*.
- Perú, L.-. (2010). *Facultad de Ciencias Forestales Giuliana Nathalie Zamora Velazco*.
- Postgrados, U. D. E. (2018). *Lima – Perú*.
- Rincón, J. M., Rincón, S., Guevara, P., Ballén, D., Morales, J. C., & Monroy, N. (2015). Producción de carbón activado mediante métodos físicos a partir de carbón de El Cerrejón y su aplicación en el tratamiento de aguas residuales provenientes de tintorerías. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 39(51), 171. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.138>
- Rojas-Morales, J. L., Gutiérrez-González, E. C., & Colina-Andrade, G. de J. (2016). Obtención y caracterización de carbón activado obtenido de lodos de plantas de tratamiento de agua residual de una industria avícola. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 17(4), 453–462. <https://doi.org/10.1016/j.riit.2016.11.005>
- Rojas Sacatuma, J. (2017). FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA 01 Facultad de Ingeniería y Arquitectura. In *Universidad Andina del Cusco*. http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez_RS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ronmy Reyes Regueiro. (2018). *Optimización de las condiciones de obtención del carbón activado de cascarillas de café y cacao para la remoción de níquel (II)*. Ii, 66.
- Serrano Guerrero, D. J. (2019). Síntesis de carbón activado a partir del endocarpio de Cocos nucifera y su aplicación en la adsorción de algunos metales pesados Trabajo de Investigación previo a la obtención del Título de Químico AUTOR : Danny Josué Serrano Guerrero. *Universidad Central Del Ecuador Carrera Química*, 97.
- SEVILLA, U. (2011). Manual Del Carbón Activo. *Aula.Aguapedia.Org*, 1–89. http://aula.aguapedia.org/pluginfile.php/10339/mod_resource/content/1/CARBoN

ACTIVO DEFINITIVO tar.pdf

Sobre, G., Gestión, L. A., Sólidos, D. E. R., El, E. N., Del, M., Sánchez, M., Colón, R., Pilar, J., Bartra, Q., Lopez, P., Silfelita, K., Suárez, M., Steven, V., Sálas, C., Kenny, R., Huaccha, H., Julián, J., Sánchez, S., & Carolina, D. (2020). *Universidad nacional de san martín – tarapoto*.

Tessini, C., Segura, C., & Berg, A. (2013). *Pirólisis rápida de biomasa. January*.

Valenzuela Padilla, A. A., & Torres Pérez, J. (2020). Remoción de colorantes azóicos (A5 y R40) con carbón activado de cáscara de nuez. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 21(3), 1–11. <https://doi.org/10.22201/ifi.25940732e.2020.21.3.027>

ANEXO

Anexo 1. Datos registrados

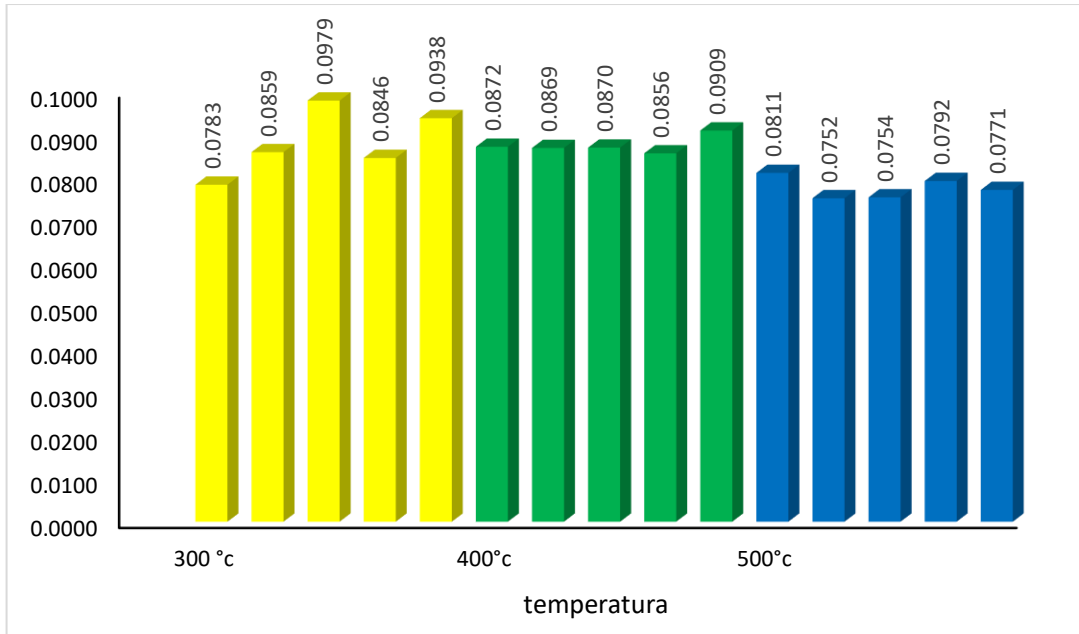


Figura 2. Valores obtenidos de densidad aparente de carbón activado

Fuente: Elaboración propio

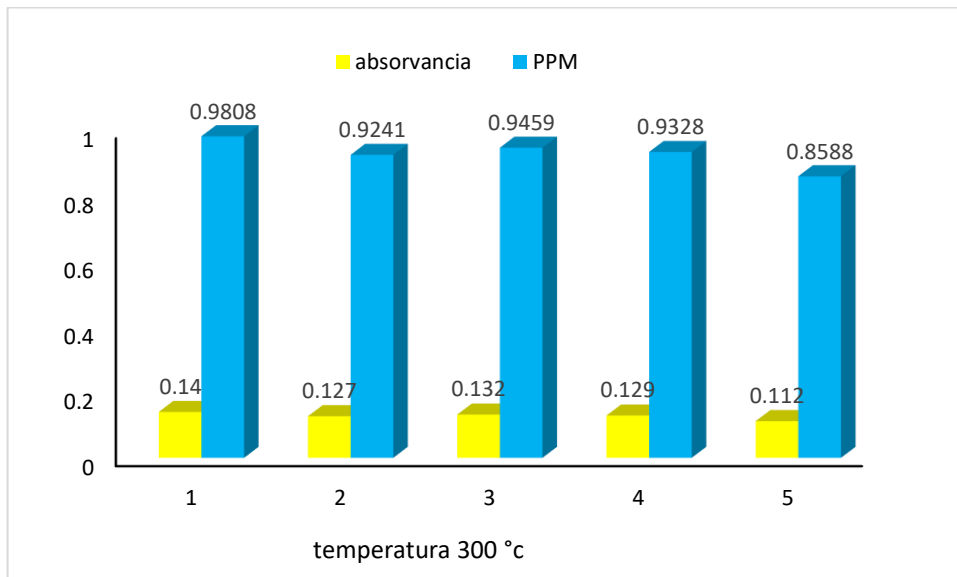


Figura 3. Absorción de azul de metileno temperatura de 300°C

Fuente: Elaboración propio

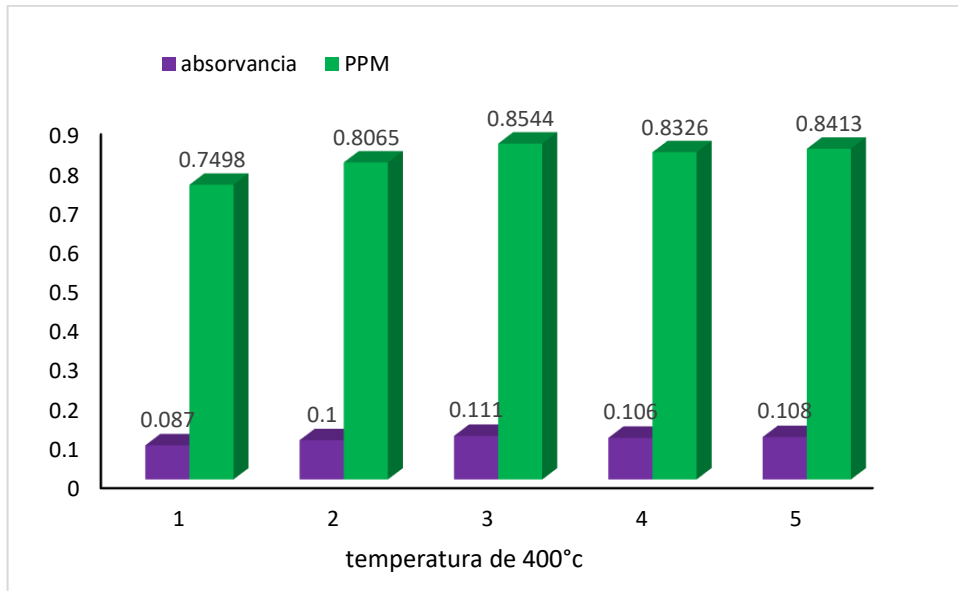


Figura 4. Absorción de azul de metileno temperatura de 400°C

Fuente: Elaboración propia

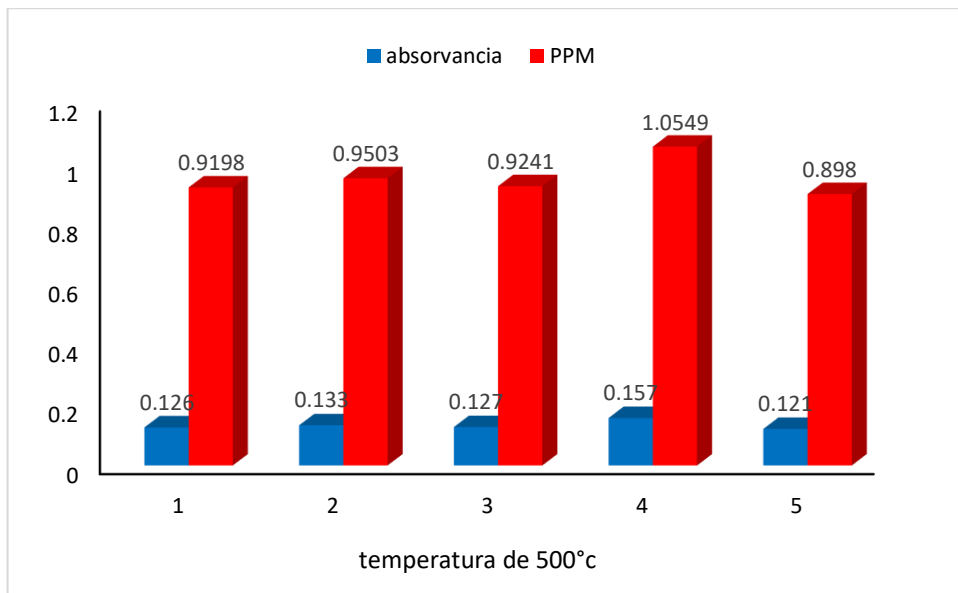


Figura 5. Absorción de azul de metileno temperatura de 500°C

Fuente: Elaboración propia

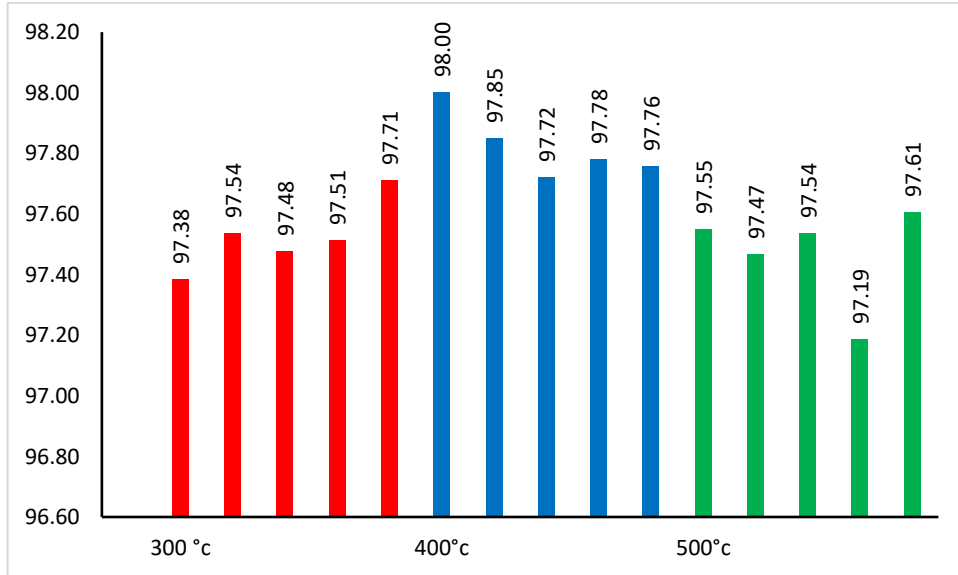


Figura 6. Porcentaje de absorción de azul de metileno

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2. Panel fotográfico



Figura 7. proceso de pirolisis

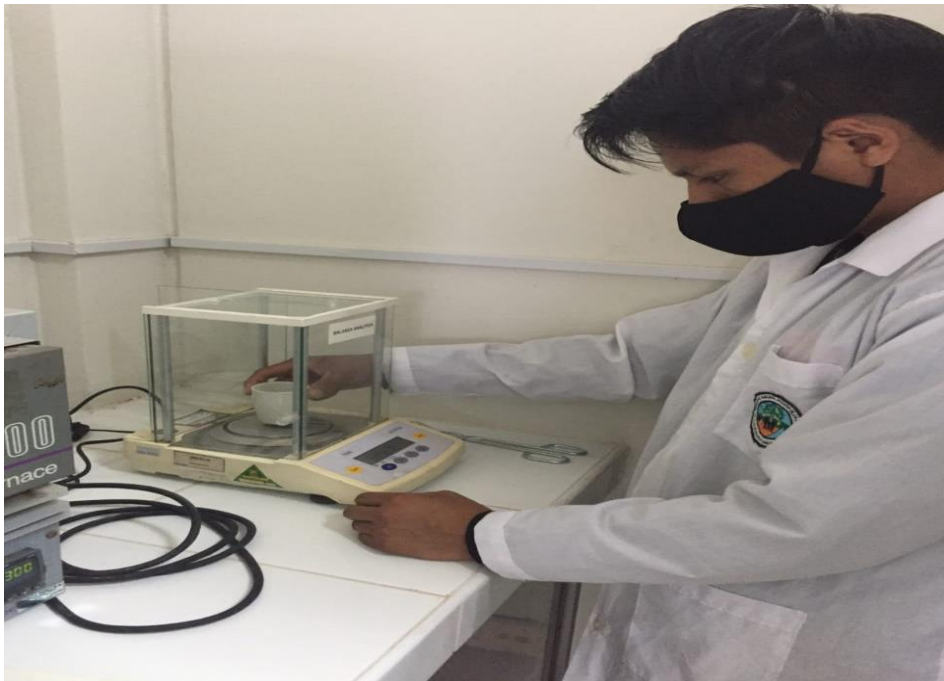


Figura 8. Pesado de las muestra de carbón



Figura 9. Proceso de activación con el hidróxido de potasio (KOH)



Figura 10. Preparación para el lavado de carbón activado



Figura 11. lavado de carbón activado con ácido clorhídrico diluido



Figura 12. Preparación de azul de metileno



Figura 13. Pasado de muestra para la adsorción de azul de metileno

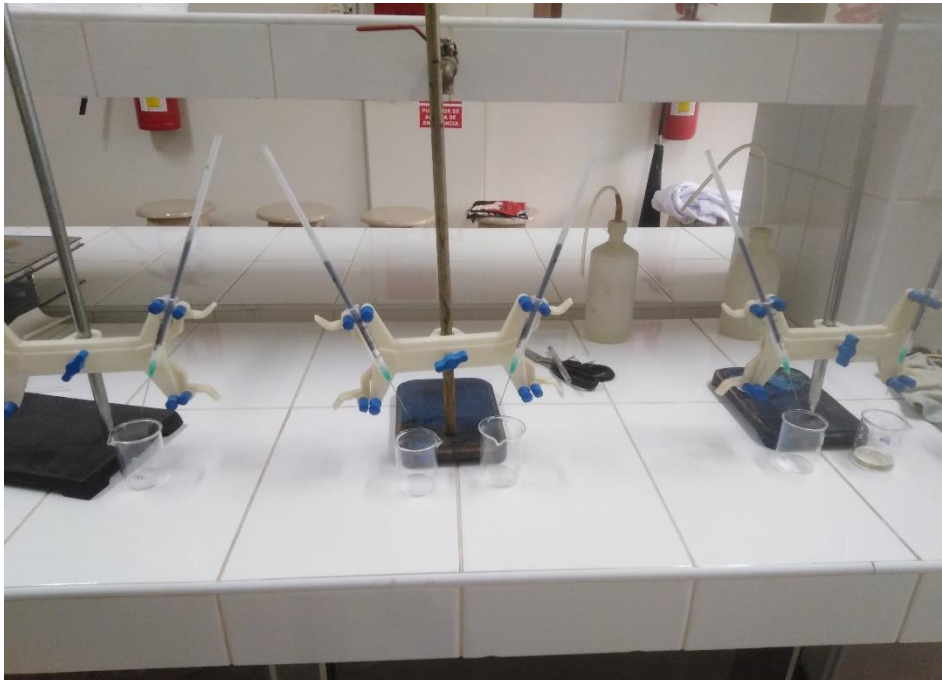


Figura 14. Columna de absorción de azul de metileno