



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Capacidad de adsorción del carbón activado a partir de residuos  
orgánicos para el tratamiento de aguas residuales: Revisión  
sistemática

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Ambiental

**AUTOR:**

Apaico Romero, Aristides (ORCID: 0000-0002-2479-1439)

**ASESOR:**

Mg. Garzón Flores, Alcides (ORCID: 0000-0002-0218-8743)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Tratamiento y Gestión de Residuos

CHICLAYO – PERÚ

2020

## **Dedicatoria**

A mis padres, Aristides Apaico y Luz Haydee Romero, por su apoyo incondicional, tanto emocional como económico, a lo largo de estos años de estudios universitarios, y porque gracias a ellos ha sido posible la culminación de este trabajo de investigación. A mis hermanas Evelyn y Mireya que estuvieron conmigo brindándome todo su apoyo y confianza.

## **Agradecimiento**

Agradezco a mis padres y hermanos, por darme siempre palabras de aliento y fuerza a salir adelante y ser ejemplo de sacrificio y responsabilidad.

A la Universidad César Vallejo que me albergó durante la última etapa de nuestra carrera profesional y a todos mis docentes que he tenido a lo largo de mi carrera y hemos tenido el gusto de recibir sus conocimientos que nos servirán para toda nuestra vida.

Al Mg. Alcides Garzón Flores quien me oriento con mucha paciencia, comprensión y respeto, para ejecutar correctamente la tesis.

A Dios, quien me guía en todo momento y por permitirme gozar de salud. A su vez le agradezco por darme fuerzas para poder superar los obstáculos que se presentaron.

## Índice de contenidos

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de figuras .....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>4</b>
<b>III. METODOLOGÍA.....</b>	<b>14</b>
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	14
3.2. Categorías, subcategorías y matriz de categorización apriorística.....	14
3.3. Escenario de estudio .....	16
3.4. Participantes.....	16
3.5. Técnicas, instrumentos de recolección de datos .....	16
3.6. Procedimientos.....	17
3.7. Rigor científico.....	19
3.8. Método de análisis de información .....	20
3.9. Aspectos éticos .....	20
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>21</b>
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>32</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>33</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>34</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>44</b>

## Índice de tablas

<b>Tabla 01.</b> <i>Matriz de categorización apriorística</i> .....	15
<b>Tabla 02.</b> <i>Síntesis de documentos revisados</i> .....	19
<b>Tabla 03.</b> <i>Características de los residuos orgánicos precursores</i> .....	23
<b>Tabla 04.</b> <i>Condiciones de producción del carbón activado a partir de residuos orgánicos</i> .....	25
<b>Tabla 05.</b> <i>Características del Carbón activado proveniente de residuos orgánicos</i> .....	28
<b>Tabla 06.</b> <i>Capacidad de adsorción del carbón activado obtenido de residuos orgánicos</i> .....	30

## Índice de figuras

<i>Figura 01.</i> Etapas y métodos de síntesis de carbón activado .....	8
<i>Figura 02.</i> Estructura de pliegues del carbón activado.....	10
<i>Figura 03.</i> Esquema de clasificación de poros .....	10
<i>Figura 04.</i> Micrografías de carbón activado .....	11
<i>Figura 05.</i> Tipos de carbón activado .....	12
<i>Figura 06.</i> Grupos funcionales en la superficie del carbón activado .....	12
<i>Figura 07.</i> Porcentaje de revisión de artículos de base de datos .....	17
<i>Figura 08.</i> Procedimiento de la revisión sistemática .....	18
<i>Figura 09.</i> Diferentes residuos orgánicos en la elaboración de carbón activado..	22
<i>Figura 10.</i> Diferentes métodos de activación en la producción de carbón activado de residuos orgánicos .....	26

## Resumen

El objetivo de la presente investigación fue sistematizar los tipos de residuos orgánicos que producen el mejor carbón activado para una mayor adsorción en el tratamiento de aguas residuales. En la cual se realizó una revisión sistemática, analizando las similitudes, diferencias y comparaciones. Dentro del análisis se observó que los residuos orgánicos encontrados tienen como particularidad un alto contenido de carbono 50-80% y contenidos de ceniza 20-40% y el material volátil 20-80% que son características sumamente aprovechables. El estudio permitió concluir que los diferentes tipos de biomásas son aprovechables y que el método de activación más favorable es la activación química, a una temperatura de activación que debe oscilar entre 450-900 °C, asimismo el tiempo de activación debe estar entre 30 -180 minutos y por último el agente activante que genera una buena estructura es el ácido fosfórico ( $H_3PO_4$ ). Estas son primordiales para establecer áreas superficiales entre 300-1200  $m^2/gr$ , y una alta porosidad, que permitirán una mayor capacidad de adsorción. Se necesitan más investigaciones relacionadas a los métodos de isotermas de adsorción utilizados en la remoción de contaminantes en el agua, para determinar la eficiencia del carbón activado a partir de residuos orgánicos.

**Palabras clave:** Carbón activado, capacidad de adsorción, residuos orgánicos.

## **Abstract**

The objective of the present research was to systematize the types of organic waste that produce the best activated carbon for greater adsorption in wastewater treatment. In which a systematic review was carried out, analyzing the similarities, differences and comparisons. Within the analysis it was observed that the organic waste found has a high carbon content 50-80% and ash content 20-40% and volatile material 20-80%, which are highly usable characteristics. The study allowed to conclude that the different types of biomass are usable and that the most favorable activation method is chemical activation, at an activation temperature that must range between 450-900 ° C, likewise the activation time must be between 30 - 180 minutes and finally the activating agent that generates a good structure is phosphoric acid (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>). These are essential to establish surface areas between 300-1200 m<sup>2</sup> / gr, and a high porosity, which will allow a greater adsorption capacity. More research is needed related to adsorption isotherm methods used in the removal of contaminants in water, to determine the efficiency of activated carbon from organic waste.

**Keywords:** Activated carbon, adsorption capacity, organic waste.

## I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, el crecimiento poblacional en diversos países ha llevado al consumo excesivo de recursos naturales y, es por ello, que se observa un incremento en la generación de varios tipos de residuos. En particular, los residuos agrícolas han generado un impacto negativo en el medio ambiente, que lo está alterando, siendo los ecosistemas acuáticos los más afectados por la contaminación de sus corrientes de agua (Martínez, 2012, p. 5). Del mismo modo, otro problema es la disposición final de estos residuos en los vertederos, que producen malos olores, degradación del suelo y contaminación del recurso hídrico subterráneo y superficial por fenómenos de lixiviados. Por otro lado, la mala disposición final de estos residuos, causa la transmisión de enfermedades y el riesgo de reproducir diferentes agentes patógenos y diferentes roedores (Cruz, Canepa y Aguirre, 2015, p. 15).

En el Perú existe una gran diversificación de especies agrícolas que no se utilizan de manera óptima, ya que en muchos casos se desechan partes como cáscaras o semillas. Estas materias primas generalmente no se usan, pero en algunos casos incurren en costos de depósito, recolección y disposición final (Cruz, et al., 2015, p.17). Entonces, una forma de reducir la cantidad de residuos es seguir los preceptos de la química sostenible, esta promueve el uso de residuos orgánicos provenientes de actividades agrícolas o desechos de otras actividades, para obtener un producto aprovechable o utilizarlo para la recuperación de energía renovables (Martínez, 2012, p.25).

Así mismo Díaz, (2015, p. 23) menciona que existen investigaciones recientes que se han centrado en el uso de residuos agroindustriales como precursores en la producción de carbón activado, estos materiales contienen lignocelulosa, tales como: madera, cáscaras de coco, semillas de almendras, bagazo de caña de azúcar y cáscaras de arroz. Cabe destacar que el potencial de estos residuos agroindustriales y su aprovechamiento como materia prima renovable, busca reemplazar los procesos convencionales (Mejía, 2018, p. 34).

El método más común para tratar el agua contaminada, es la aplicación de carbón activado, un sólido con una gran área superficial que oscila entre 900 y 1200 m<sup>2</sup>/g que adhiere varios tipos de contaminantes inorgánicos, como metales pesados u orgánicos en la naturaleza como compuestos fenólicos, lo que permite su purificación (Cruz, et al., 2015, p.17). Además, contiene una alta estructura microporosa, que permite la formación de capas por la presencia de grupos carboxilo, fenol, cetona, quinona, hidroquinona y aldehído, que le otorgan la propiedad de un material adsorbente (Aygün, Yenisoğlu y Duman, 2013, p. 34).

Para Navarrete y Vélez. (2015), mencionaron que varios estudios usan diferentes residuos como materia prima en la elaboración de carbón activado, por sus propiedades fisicoquímicas que estas poseen, que son aprovechadas en el proceso de activación, para su posterior uso en la purificación de aguas contaminadas (p.2). La efectividad depende de su porosidad, permitiendo una superior adsorción de contaminantes. Por ejemplo, el carbón activado a base de lodo, el cual tiene una alta adsorción y rendimiento y puede eliminar eficazmente los contaminantes ambientales como las sustancias orgánicas típicas y los metales pesados a través de procesos físicos y químicos (Bian, et al. 2018, p. 7).

De manera similar se encuentra el carbón activado a base de cascara de coco, con áreas superficiales más alta de 1200 m<sup>2</sup>/g y absorbió un porcentaje mayor de fenol; sin embargo, en los experimentos con diferentes residuos, mostraron que contenían grupos básicos en su estructura y alta porosidad que son características primordiales para mayor adsorción (Bastidas, et al. 2010, p. 11).

Además, existen residuos agroindustriales que tienen una importante cantidad de material carbonaceo donde se puede identificar a la celulósica, hemicelulosa y lignina, beneficiosas para la producción de carbón activado de gran eficacia. Existen varios estudios con diferentes materiales precursores: cascara de mango (Cerro, et al. 2015), endocarpio de coco (Bastidas, et al., 2010), lodos (Bian, et al., 2018), Canelo, Laurel y Eucalipto (Asimbaya, et al. 2015), Jacinto de agua (Boonpoke, A. 2015), *Manguifera indica* y cáscara de *Coffea arabica* (Cruz, et al. 2015), *Phoenix dactylifera L.* (Ahmed, M. J. 2016), semilla de aguaje (Ruiz y Orbegoso, 2018), entre otros.

De acuerdo a la realidad problemática, se planteó el problema general: ¿Qué residuos orgánicos producen el mejor carbón activado para una mayor adsorción en el tratamiento de aguas residuales?, así mismo a partir del problema general se planteó los problemas específicos: ¿Qué tipo de residuos orgánicos son adecuados en la elaboración de carbón activado?, ¿Cuáles son las condiciones de producción de carbón activado a base de diferentes residuos orgánicos? Y ¿Cómo evaluar la calidad del carbón activado proveniente de residuos orgánicos?

En tal sentido esta investigación se justifica porque pretende compilar amplios avances relacionados a carbón activado provenientes de residuos orgánicos y su capacidad de adsorción en el tratamiento de aguas residuales y así mismo englobar el vacío de conocimientos acerca del tema de estudio, a través de la revisión sistemática de diferentes estudios para lograr un análisis crítico y sistemático, el cual servirá como una información actualizada para estudios posteriores.

Por lo expuesto se planteó como objetivo general fue: Sistematizar los diferentes residuos orgánicos que producen el mejor carbón activado para una mayor adsorción en el tratamiento de aguas residuales, y como objetivos específicos:

- Describir los tipos de residuos orgánicos adecuados en la elaboración de carbón activado.
- Identificar las condiciones de producción de carbón activado a base de diferentes residuos orgánicos.
- Describir la calidad del carbón activado provenientes de residuos orgánicos.

## II. MARCO TEÓRICO

En la actualidad, existen diferentes medios de tratamientos de agua, es así que diferentes investigaciones buscan dar soluciones para tratar las aguas y dar un uso más óptimo, en tanto, se ha enfocado un gran interés en los residuos agroindustriales, residuos comerciales, residuos de lodos de plantas de tratamiento y otros residuos, por contener un alto contenido de carbono en su composición, es así, que existen distintas investigaciones donde adoptan residuos orgánicos en la producción de carbón activado, observando sus propiedades y su capacidad de adsorción.

Según Yu et al., (2019), obtuvieron carbón activado con restos de hierbas de una fábrica de medicina tradicional china. Se usó como índices de evaluación el área de superficie BET y el valor de adsorción de yodo, asimismo determinó la mejor tecnología de preparación. Finalmente, se encontró que las condiciones óptimas para la producción de SAC fueron las siguientes: relación residuo agente fue 1:4, en un tiempo de 30 minutos y a una temperatura de 700 °C. (p.15)

Rimoli et al., (2019), obtuvieron carbón activado a base de frutos del árbol de castaña (ourico) mediante la activación física y evaluar sus propiedades químicas en función de las diferencias entre las temperaturas de activación y la atmósfera. Las muestras se carbonizaron a tres temperaturas diferentes y los carbonos se activaron bajo atmósfera. Saturado con CO<sub>2</sub> o vapor. Se tuvo como resultado mostrando la influencia de la T° de activación y la atmósfera en las propiedades fisicoquímicas del carbono, y también se mostró que la superficie es buena como precursora del carbón activado con excelente calidad.

Wang et al., (2019), prepararon carbón vegetal a partir de residuos de la pesca con notable capacidad de adsorción, el objetivo fue desarrollar un nuevo nano material de carbono en espiga y evaluar su rendimiento de adsorción para eliminar el aceite emulsionado de las aguas residuales oleosas. El carbón activado modificado de espina de pescado (MAFC) se ha fabricado con éxito para eliminar el aceite emulsionado de las aguas residuales aceitosas. Se utilizaron diferentes técnicas, incluidas SEM, XRD, FTIR y BET, para examinar su estructura, la textura y sus propiedades existentes en la superficiales de las muestras preparadas.

Aunque el área de superficie específica de MAFC era relativamente pequeña en comparación con otros materiales adsorbentes, siendo de 206 m<sup>2</sup>/g, su tasa de eliminación de aceite emulsionante podría alcanzar el 90,1%, lo que se atribuyó a la presencia de activos abundantes. Además, excelentes estructuras en red con poros con buen desarrollado.

Malhotra, Suresh y Garg, (2018), obtuvieron carbón activado de residuos de té para la adsorción de diclofenaco de sodio de aguas residuales, el objetivo fue investigar los agentes de activación, el área superficial y composición elemental. Esta elaboración se dio por medio del proceso de activación química de los residuos crudos. Posteriormente, el material secado al horno se carbonizó a una T° de 600 °C en 2h. Los adsorbentes sintetizado serán porosas y su superficie de Brunauer-Emmett-Teller (BET) oscilaba entre 115 y 865 m<sup>2</sup>/g. Dado en los adsorbentes sintetizados, el adsorbente activado por ZnCl<sub>2</sub> presentó la mayor capacidad de adsorción (62 mg / g), aunque en menor en comparación con 91 mg/g conseguidos de carbón activado comercial (CAC) (concentración SD = 30 mg/L, dosis de adsorbente = 300 mg/L e inicial pH de aguas residuales = 6.47).

Ruiz y Orbegoso, (2018), evaluaron la eficacia del carbón activado producidos a bases de (endocarpio de coco y semilla de aguaje) para la eliminación de la DBO<sub>5</sub> en aguas domésticas, se procesó los carbones activados a diferentes T° de carbonización (500°C 600°C 700°C) para cada materia prima a usar, como agente activante se usó (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) ácido fosfórico a un 85% de concentración y el tiempo de carbonización de 30 min. Se concluyó que los medios fueron óptimos para el carbón activo elaborado a partir del endocarpio de “coco” a 600°C como T° de carbonización. Así mismo, para el carbón activo elaborado a partir de la semilla de “aguaje” se tuvo la T° de carbonización de 500°C con la mezcla de 1 g de carbón activo en 100 mL de agua residual y con una agitación entre uno y otro en 50 rpm.

Obregón, (2016), comparo los diferentes tratamientos para obtener carbón activado del endocarpio de coco. Realizó un análisis termogravimétrico del endocarpo de coco. Posteriormente, se estableció la proporción de humedad, luego se inició la activación química con diferentes compuestos químicos, luego se realizó el tratamiento térmico. Finalmente, se realizó la evaluación de la capacidad de

remoción del carbón activado mediante el índice de yodo. Dando como resultado que, en la comparación con el carbón activado comercial, se descubrió que para obtener carbones con buena calidad se debe realizar el tratamiento con ácido sulfúrico a una temperatura de activación óptima de 750 °C.

Rojas et al., (2016), en su investigación obtuvo carbón activado a base de lodos de los mataderos de aves de corral, luego realizó una prueba para obtener la capacidad adsorción en el carbón activado, para esto utilizó como indicador al azul de metileno (AM). Finalmente, se concluyó que C35 recibió una alta remoción de colorante en un 88 % y una capacidad de adsorción de 43.5 mg / g, mientras que el carbón activado comercial mostró un 86 % en la eliminación de azul metileno.

Asimbaya et al., (2015), estableció la influencia del tamaño de partícula en la extracción de carbón activado a partir de residuos lignocelulosicos. Para la evaluación de la adsorción se estableció utilizando el indicador de yodo. El carbón activado se consiguió de 3 tipos en el laurel, canela y eucalipto por activación química. La mejor remoción se logró con el laurel (29,3%) con un tamaño de partícula de más de 2 mm. Para determinar las estructuras porosas hechas a partir del proceso de activación se realizó utilizando la técnica de microscopía electrónica de barrido (SEM). Finalmente se concluyó que la canela tenía el valor más alto correspondiente a 740 mg I<sub>2</sub> / g en comparación con el laurel y eucalipto.

Las biomásas lignocelulósicas poseen en particular compuestos orgánicos y porcentajes de ceniza, como propiedades que se pueden aprovecharse al momento de someter los residuos a un método de activación (Mejía, 2018). Así mismo estas materias primas tienen propiedades: dureza, estructura inerte, porosidad, alto porcentaje de carbono, y sobre todo una mínima cantidad de cenizas (Díaz, 2015).

La materia prima derivado de residuos agrícolas han sido usadas para elaboración de carbón activado (Arango, 2018, p.27), estas tienen una extensa diversidad y cantidad de materiales orgánicos de origen vegetal o animal (Serrano, 2019 p.17).

Existe una diversidad de residuos agroindustriales, agrícolas o forestales, que poseen en su estructura una biomasa lignocelulósica, como cáscara de coco, cascara de yuca, cascara de cacao, hueso de aceituna, pecanas, restos de flores, entre otros; inclusive otros residuos como es el caso del lodo residual. (González, 2017, p.21). La mayoría de estos residuos poseen ciertas cantidades de masa carbonácea como la celulosa, hemicelulosa y lignina, son importantes al momento de la carbonización (Cerro, et al., 2013, p. 18).

Además, se caracterizan por su contenido de humedad, material volátil, de cenizas y de carbono fijo, que son características iniciales donde podemos ya observar la calidad del residuo y su alta pureza, a aquel tenga una humedad < 10%, cenizas entre 1 y 3% y porcentaje de material volátil de 60% (González, 2017, p.22). Asimismo, es necesario realizar el análisis de % de humedad, cantidad de cenizas y también se debe estudiar el carbono orgánico para establecer la cantidad de carbono presentes en los residuos (Herrera, 2018, p.8).

Por otro lado, el aprovechamiento de los desechos agroindustriales genera un gran potencial para la elaboración de carbones activados (Arango, 2018, p.27), por poseer una gran cantidad de carbono en su estructura (Serrano, 2019 p.17) y por su bajo precio, por el motivo de que son considerados como residuos y por lo cual no son considerados para la utilización en lo industrial. Asimismo, es provechoso para el ambiente ya que este material que no genera emisiones de toxicas por ser un residuo orgánico.

La activación física consiste en la carbonización del residuo a temperaturas elevadas con la interacción del agente activante. Para esta activación los agentes activantes mas recomendados son el vapor de agua, dióxido de carbono, aire y algunas combinaciones entre estos agentes. La temperatura de carbonización oscila entre 400 - 850°C. A diferencia de las temperaturas de activación que debe estar entre 600 - 900°C (Paredes, 2011, p.26)

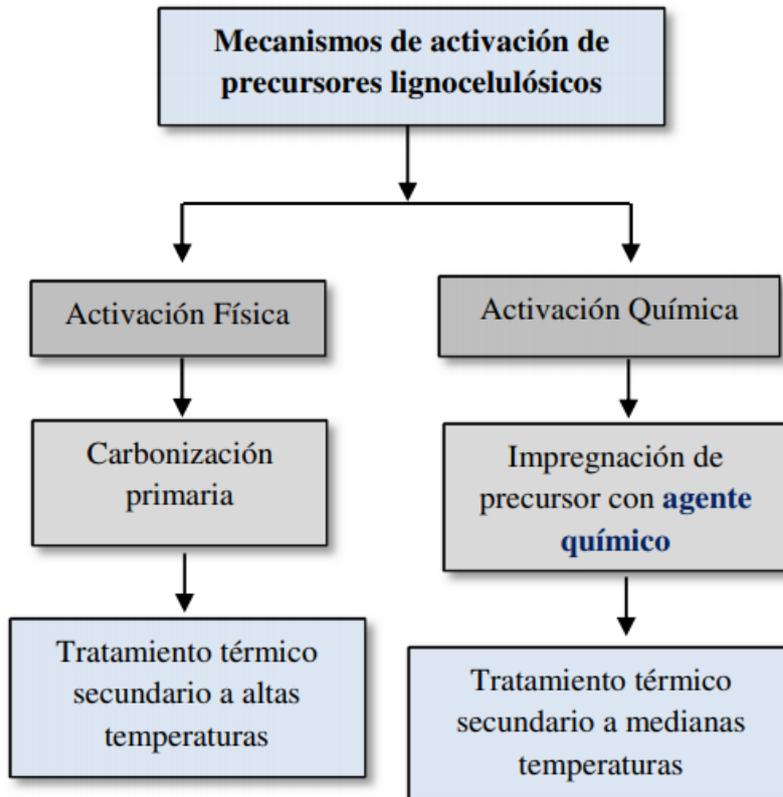


Figura 01. Etapas y métodos de síntesis de carbón activado

Fuente: Vidal, et al., 2018, p.42

El proceso de carbonización en residuos de origen orgánico se tiene que dar a una temperatura entre 400 a 850 °C, en cambio si el residuo es de origen mineral no es necesario someterlo a carbonización (Bravo y Garzon, 2017, p.5). La activación física debe tener los siguientes parámetros temperatura de activación y el tiempo (González, 2017 p. 11).

Por otro lado, en la activación química se lleva a cabo la carbonización y activación de manera simultánea. En primer lugar, se mezcla el residuo orgánico con el agente activante, el cual actuara como un deshidratante y oxidante, seguido de la carbonización, finalmente se obtiene un material de buena estructura porosa. Los agentes químicos que se usan en esta activación principalmente tenemos al ácido fosfórico (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>), Cloruro de cinc (ZnCl<sub>2</sub>), ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>S<sub>04</sub>) (Paredes, 2011, p.26).

González, (2017), señalo que la activación química es la más usada en materiales lignocelulosicos ya que posee altas aéreas superficiales. Sin embargo, la activación física continúa dándose a nivel de industrias por contaminar poco y más económico (p.12-13). Asimismo, por lo general en la activación química se emplean compuestos ácidos ya que ayudan a mejorar y elevar la porosidad de la superficie interna del material, logrando mediante estos procesos el carbón activado conserve una alta capacidad para alcanzar una gran eficacia como adsorbente (Lapo, 2014).

El carbón activado está compuesto básicamente por carbono elaborado de manera artificial, que posee una porosidad bien definida, lo que hace que tenga una alta área superficial y una elevada capacidad de adsorción (Paredes, 2011, p.22), su estructura se fundamenta en enlaces carbono-carbono y por poseer una alta cantidad de poros en su interior, con un diámetro de  $10^{-7}$  y  $10^{-5}$  cm (Carriazo, Saavedra y Molina, 2010). Está conformado principalmente de carbono, hidrógeno y oxígeno (Ruiz, 2018).

Las propiedades más relevantes que posee este material es su alta eliminación de impurezas en el agua y aire (Ponce, 2019, p. 5) y depurador de malos olores (Ruiz, 2018). Además, el tener una superficie con alta cantidad de área interna hace que el carbón posee técnicas de adsorción excelentes para suspender partículas. Asimismo, estas propiedades dependen de las características iniciales del residuo orgánico y del proceso de elaboración (Paredes, 2011, p.26)

la estructura del carbón activado está compuesta por una disposición irregular de pliegues, conformado por diversos espacios u orificios formados por plegamientos de una inmensidad de capas, esta se muestra en la figura 02. Estos plegamientos o capas son las que forman su gran porosidad y dan origen a su alta superficie de adsorción (Navarro y Vargas, 2010).

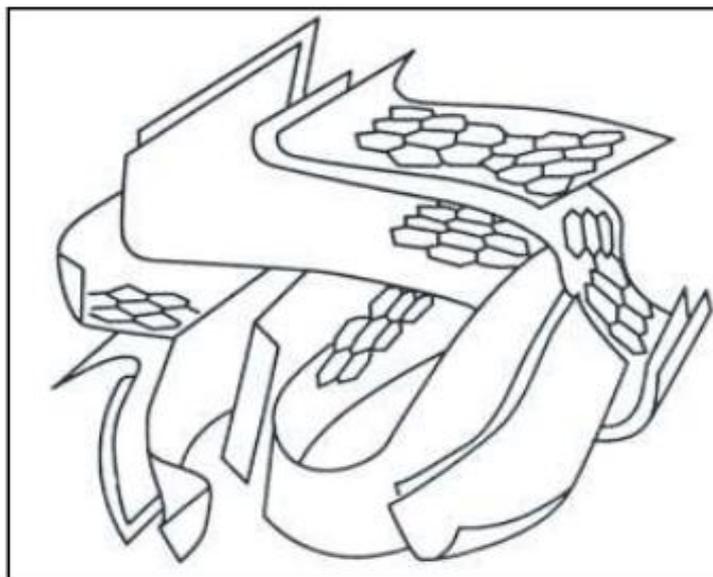


Figura 02. Estructura de pliegues del carbón activado

Fuente: Fritz Stoeckli (1990, p.34)

Perdomo (2011) citado por Ponce (2019, p. 27), el carbón activado está distribuida por el tamaño de poros que posee. Según su radio se manifiesta 3 tipos de poros macroporos ( $r > 25$  nm), mesoporos ( $25 > r > 1$  nm) y microporos ( $r < 1$  nm), estas se muestran en la figura 03. Asimismo, el carbón activado según diferentes autores lo denominan como un adsorbente por la retención de adsorbatos, ni poros simétricos. (Sevilla, 2002 citado por serrano, 2019, p.14)

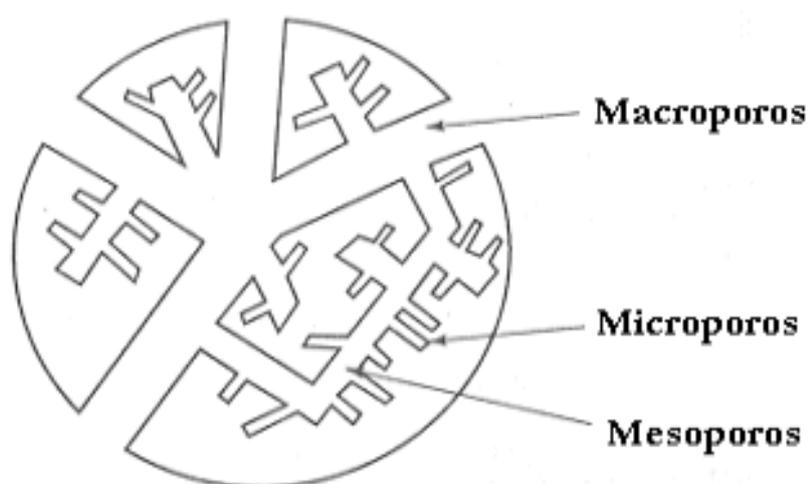
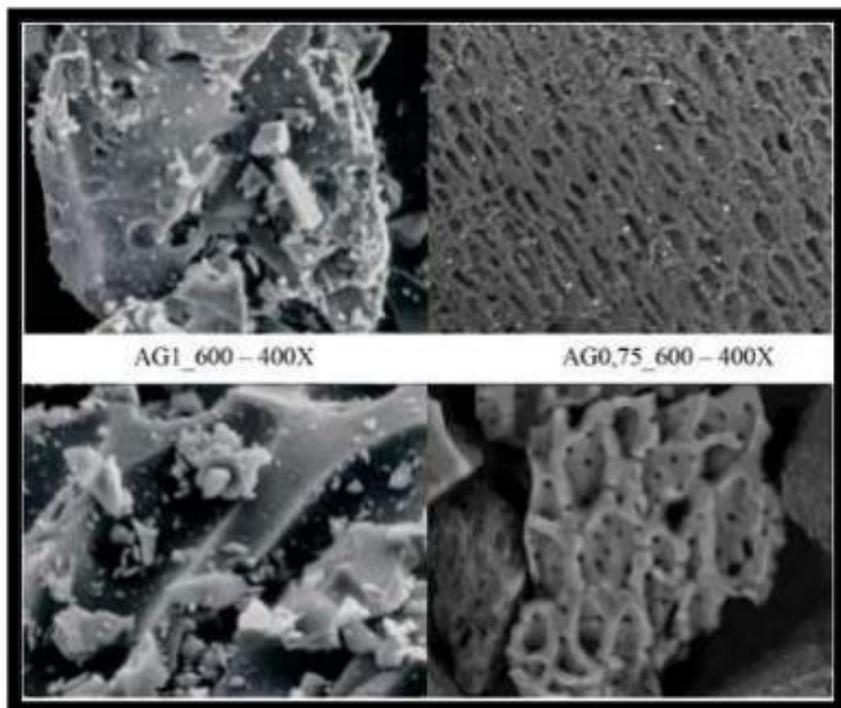


Figura 03. Esquema de clasificación de poros

Fuente: Marshall, et al., 1997, p.35



*Figura 04. Micrografías de carbón activado*

Fuente: Serrano, 2019, p.14

En la figura 04, se observa una fotografía tomada en SEM (Scanning Electron Microscopy) de la superficie del carbón activado modificado. El carbón activado por lo general tiene dos formas de presentación, el carbón activado en polvo, conocido como PAC la cual se utiliza para retención de moléculas pequeñas y gases. El GAC en forma granular se utiliza para tratamiento de aguas.

Según su tamaño de las partículas se clasifican en carbón activado granular (CAG) y carbón activado polvo (CAP). Los CAG poseen su tamaño entre 1 y 5 mm. Los CAP poseen dimensión menor a 150  $\mu\text{m}$ . Así mismo dentro de los granulares existen: (a) carbón activado sin forma que se consiguen por trituración, cernido y clasificación de trozos con mayor tamaño y (b) carbón activado con forma específica se logran conseguir con la mezcla de otros tipos de aglomerantes. En la figura 05, se observa otras formas como telas, fibras, membranas de carbón y los filtros de carbón activado, entre otros (Menéndez, 2006 Citado por Ponce, 2019, p.37).



Figura 05. Tipos de carbón activado

Fuente: Serrano, 2019, p. 20

Otra característica importante de la química superficial del carbón activado es su naturaleza anfótera, ya que, en la superficie existen grupos superficiales de carácter ácido y de básico (Cayo y Montalvo, 2019, p.25), en la figura 05 se muestran estos grupos funcionales.

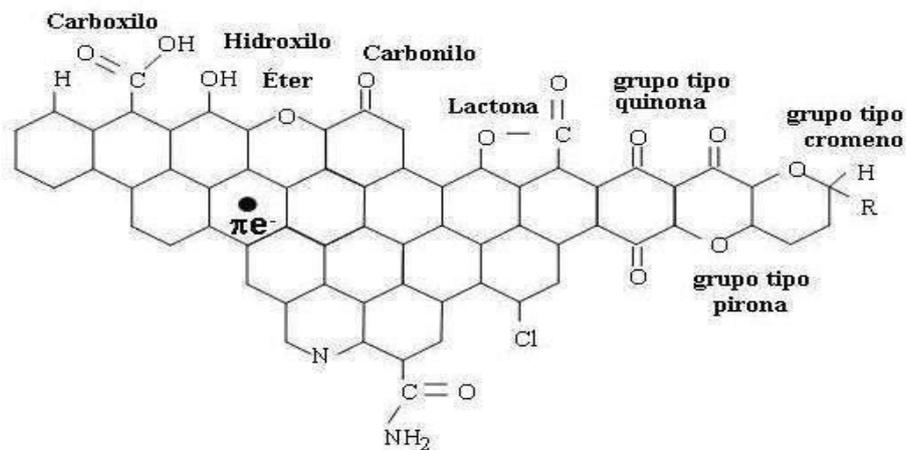


Figura 06. Grupos funcionales en la superficie del carbón activado

Fuente: Menéndez, et al. 2006, p.21

El proceso de adsorción resulta de una de atracción a la superficie del sólido y la otra de repulsión. Estas moléculas se adhieren a la superficie, siendo el carbón el adsorbente y el gas o líquido, el adsorbato (Paredes, 2011, p.10). Por otro parte, la adsorción es un proceso que mediante sólidos de alta porosidad que remueven compuestos provenientes de aire y aguas contaminadas, donde son captadas por su aglomeración en la parte superficial del sólido (González 2017 p. 8).

La aplicación del carbón activado se realiza de manera usual por tener propiedades de adsorción y absorción, porosidad y alta superficie. Por tal motivo, se emplea para compensar necesidades en las industrias farmacéuticas, alimenticias, química y petroquímicas (Luna et al, 2007).

Luego dar a conocer algunos conceptos básicos en relación a la presente investigación, en el anexo 02, se presentan los artículos científicos extraídos para la revisión sistemática, en las que se muestran datos importantes para el análisis referente a carbón activado a partir de residuos orgánicos y su capacidad de adsorción para el tratamiento de aguas residuales.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

##### **Tipo de investigación:**

El tipo de investigación fue aplicada, ya que, tiene como finalidad desarrollar una búsqueda bibliográfica y análisis exhaustivo de investigaciones para extraer de una teoría, los aspectos aplicables para la situación problema en una realidad contextual (Vargas, 2009, p.159). Esta investigación busca adquirir conocimientos de forma rigurosa, organizada y sistematizada.

##### **Diseño de investigación:**

El diseño de investigación es narrativo de tópico, donde se busca hacer una revisión exhaustiva de la información adquirida para su interpretación de acuerdo a los criterios establecidos. Letelier, et al. (2005, p.21), menciono que el diseño narrativo es aquella que revisa un tópico de manera exhaustiva, generalmente por un experto en el tema. Así mismo, este tipo de diseño narrativo dará cuenta explícitamente los métodos utilizados para obtener y seleccionar la información presentada.

#### **3.2. Categorías, subcategorías y matriz de categorización apriorística**

Se desarrolló una matriz de categorización, donde se mencionaron las categorías y subcategorías respecto al tema de estudio. Así mismo, esta matriz establece algunos criterios que se tendrán en cuenta cuando se realice la búsqueda y análisis de la información encontrada durante el desarrollo de la investigación, tal como se muestra en la tabla 01.

**Tabla 01. Matriz de categorización apriorística**

<b>Objetivos específicos</b>	<b>Problemas específicos</b>	<b>Categoría</b>	<b>Sub categoría</b>	<b>Unidad de análisis</b>
Describir los tipos de residuos orgánicos adecuados en la elaboración de carbón activado	¿Qué tipos de residuos orgánicos son adecuados para la elaboración de carbón activado?	Residuos orgánicos	Cáscara de coco	López, et al., 2017
			Tusas de maíz	Ramírez, et al., 2016
			Cáscara de yuca	Castellar, et al., 2019
			Lodo residual	Manals, et al., 2016
			Cáscara de cacao	Bello, et al., 2015
			Cáscara de naranja	Torres, et al., 2020
			Otro residuo	Manals, et al., 2016
			Características del residuo	Torres, et al., 2020 Filippín, et al., 2017 Penedo, et al., 2015
Identificar las condiciones de producción de carbón activado a base de diferentes residuos orgánicos	¿Cuáles son las condiciones de producción de carbón activado a base de diferentes residuos orgánicos?	Condiciones de producción	Método de activación	Rojas, et al., 2016 López, et al., 2017 Cruz, et al., 2013
			Temperatura de activación	Ramírez, et al., 2016 Castellar, et al., 2019
			Tiempo de activación	Manals, et al., 2016
			Agente activante	Bello, et al., 2015 Torres, et al., 2020
Describir la calidad del carbón activado proveniente de residuos orgánicos	¿Cómo evaluar la calidad del carbón activado proveniente de residuos orgánicos?	Calidad del carbón activado	Característica del carbón activado	Rojas et al. 2020 Filippín et al. 2017 Ensuncho et al. 2015
			Capacidad de adsorción	Rojas, et al., 2016 López, et al., 2017 Cruz, et al., 2013 Albis et al. 2019

Fuente: Elaboración propia

### **3.3. Escenario de estudio**

Esta investigación el escenario de estudio son las bases de datos, por tratarse de una revisión sistemática sobre carbón activado a partir de residuos orgánicos y su capacidad de adsorción en el tratamiento de aguas residuales, para ello se contó con diferentes bases de datos como Ebsco, ProQuest, Scielo, Scopus, Google Académico, Concytec, Repositorios institucionales, en las cuales encontramos artículos científicos de revistas indexadas, libros, investigaciones de tesis.

### **3.4. Participantes**

Los participantes en esta investigación están constituidos por artículos de revistas a nivel nacional e internacional los cuales fueron extraídos de diferentes bases de datos, una de ellas fue Ebsco donde se tomaron seis artículos. Seguido de Dianet con cuatro artículos. En la siguiente base de datos Scielo se tomaron seis artículos. Posteriormente en Proquest se tomó un artículo. Por ultimo en Google académico se tomaron cinco trabajos de investigación, los cuales se utilizaron para acopiar la información plasmada en esta investigación. Finalmente se revisaron 90 artículos de los cuales con 22 artículos se realizaron el análisis, interpretación de la revisión sistemática.

### **3.5. Técnicas, instrumentos de recolección de datos**

López (2017, p. 21), menciona que las técnicas en el campo de la investigación científica, son procedimientos y medios que se utilizan para indagar las diferentes etapas del método científico, además son indispensables en toda investigación sin importar el tipo, a las que podamos explorar, sistematizar, no sólo al momento de la elaboración del proyecto o esquema de nuestra investigación, sino en el desarrollo de la misma.

En esta investigación se usó la técnica de observación indirecta, y un análisis documental, el cual busca implementar una serie de procedimientos, con el propósito de interpretar la información de un documento de una manera de síntesis, organizada, analizada (Hernández y Tobón, 2016, p. 54).

Gómez y Amaya (2013, p. 25), definen a los instrumentos como el conjunto de herramientas, que se usa para recolectar y almacenar datos, a partir de una laboriosa búsqueda en la literatura científica. El instrumento de selección de datos fue una ficha de recolección de datos, que permitió tener una mayor facilidad para el análisis de los datos relacionados al estudio.

### 3.6. Procedimientos

La primera etapa inicio con una búsqueda exhaustiva utilizando base de datos como EBSCO, PROCUEST, SCOPUS, SCIELO, REDALYC para los artículos y revistas científicas, y para las tesis se utilizaron los repositorios estas se mostraron en la figura 07, así mismo considerando palabras claves como: capacidad de adsorción, carbón activado, residuos agroindustriales, síntesis de elaboración de carbón activado, entre otros.

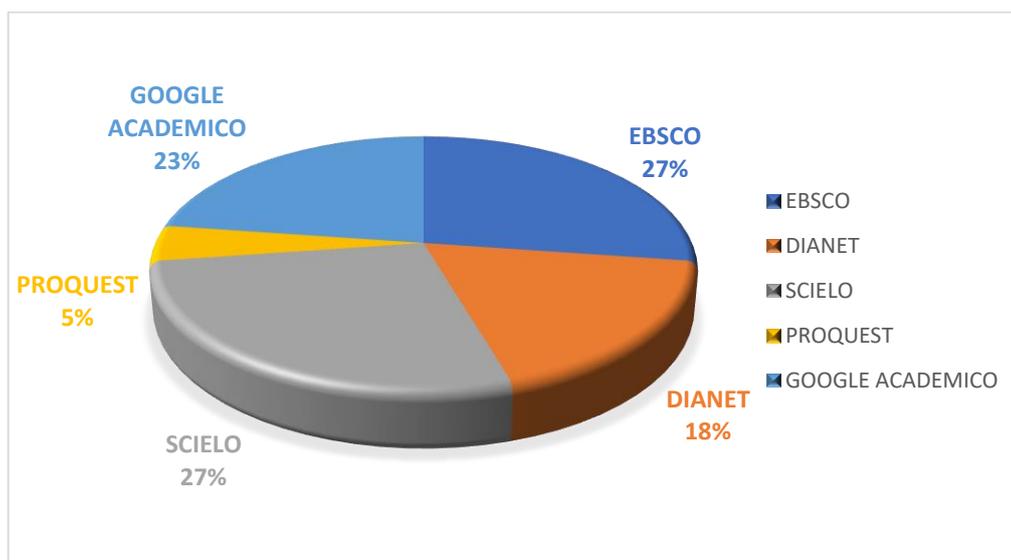


Figura 07. Porcentaje de revisión de artículos de base de datos

Fuente: Elaboración propia

La segunda etapa consistió en seleccionar y filtrar las referencias bibliográficas que cumplen los criterios de selección tales como: el tiempo, el idioma español e inglés. Además, que la información contenida en los artículos tenga relación referente a la investigación, para así asegurar la complejidad, credibilidad, confiabilidad y validez.

En la tercera y última etapa se analizaron las investigaciones que cumplieron los criterios establecidos, el análisis se hizo referente a las similitudes y diferencias de las categorías y subcategorías, para poder ser plasmada a lo largo del presente estudio. En la figura 08 se mostraron los procedimientos para la evaluación de la revisión sistemática.

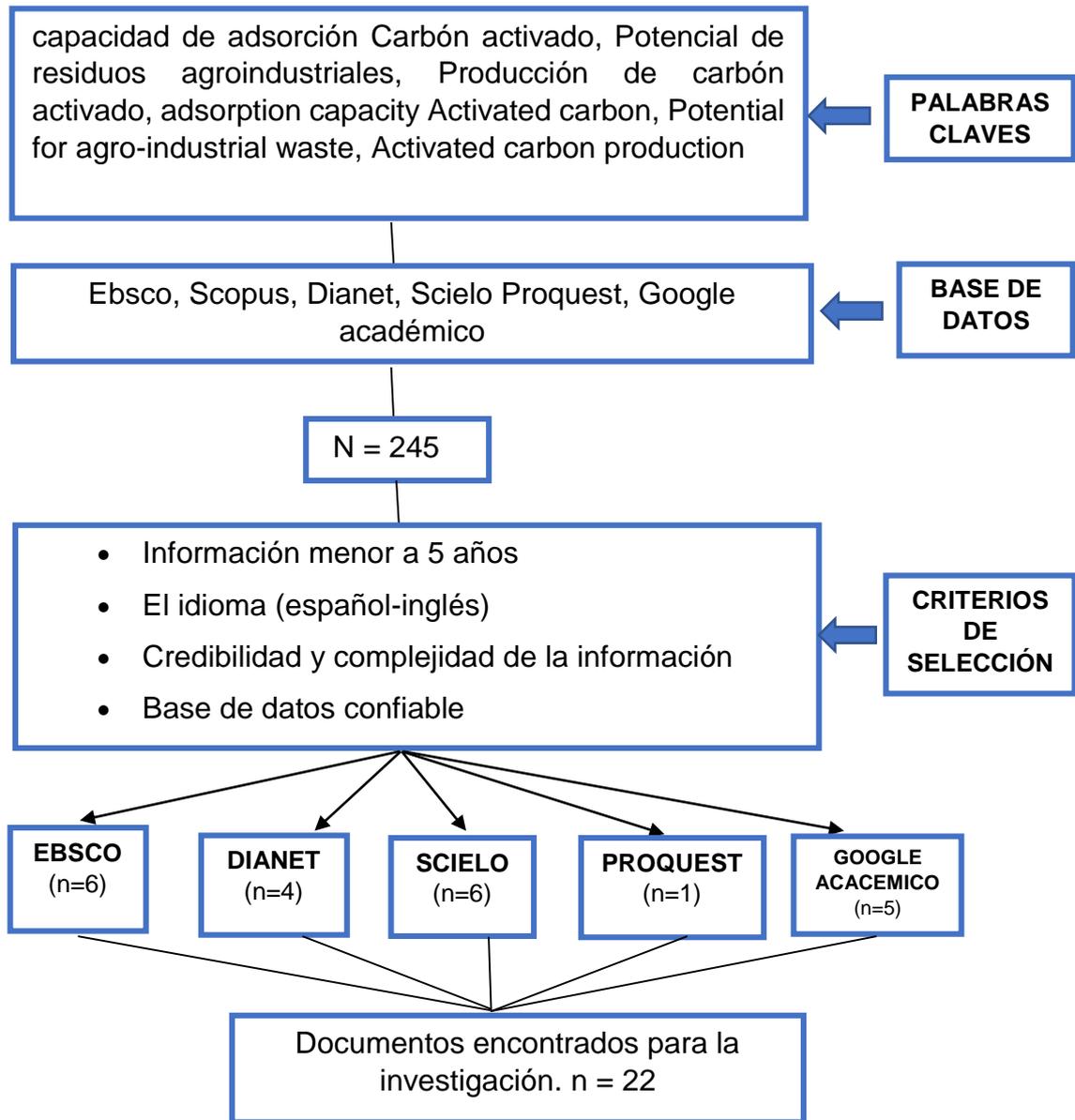


Figura 08. Procedimiento de la revisión sistemática

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 02 se describen todos los documentos revisados como artículos científicos, libros, capítulos de libro y tesis usados en el presente estudio de investigación, de acuerdo a los criterios establecidos para la inclusión o exclusión de documentos.

**Tabla 02. Síntesis de documentos revisados**

Tipo de documentos	N° de documentos revisados	Palabras claves de búsqueda	Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
Artículo científico	80	capacidad de adsorción Carbón activado, Potencial de residuos agroindustriales, Producción de carbón activado	<b>Complejidad de información:</b> Selección de la información de acuerdo a la relevancia del contenido.	Se descartaron las fuentes que mostraron información no relevante del tema de estudio
Libros	2	capacidad de adsorción, Carbón activado	<b>Tiempo:</b> 2015-2019	Antigüedad de la información Mayor a 5 años
Capítulo de libro	2	Potencial de residuos agroindustriales, Producción de carbón activado	<b>Credibilidad de la información:</b> La información debe ser extraída de revistas científicas y Tesis.	Artículos de Revistas en base de datos no confiables
Tesis	25	Carbón activado Producción de carbón activado	<b>Idioma:</b> Español - Ingles	Artículos de otros idiomas

Fuente: Elaboración propia

### 3.7. Rigor científico

El rigor científico para el presente estudio de investigación, de tipo cualitativo narrativo de tópicos cumple con la validez y confiabilidad, basado en los siguientes criterios:

- a) Dependencia o consistencia lógica: Este criterio implica el nivel de fiabilidad de los resultados del estudio. Es decir, se buscó generar resultados equivalentes al de otras investigaciones, a través de la recolección de datos similares (Duran, 2007, p. 651).
- b) Credibilidad: Es la validez del estudio, relacionada a la recopilación de información verdadera y exhaustiva de las diferentes fuentes, como

en artículos de revistas indexadas Ebsco, Scopus, Scielo, por lo cual los resultados de esta investigación son creíbles, teniendo información real y así siendo de gran aporte para la comunidad científica y social.

- c) Confirmabilidad: La información plasmada en la investigación ha sido organizada de una manera ordenada, desde la búsqueda de información hasta el análisis de la información, lo cual acredita que la información plasmada en esta investigación, pueda ser base para futuras investigaciones y tengan perspectivas homogéneas.
- d) Transferibilidad: Es transferible, por la existencia de estudios relacionados sobre el tema del carbón activado de diferentes residuos orgánicos. Por lo tanto, los resultados presentados en esta investigación puedan extenderse a otros estudios y aplicaciones.

### **3.8. Método de análisis de información**

En este estudio el análisis de datos, se logró organizar la información de manera sistematizada para su análisis crítico y descriptivo, mediante el método de categorización apriorística, donde se analizaron las categorías y subcategorías, teniendo en cuenta los objetivos planteados en la investigación, como se muestra en la tabla 01; con el propósito de recopilar la información más relevante acerca de las similitudes y diferencias actuales referente a la carbón activado a base de residuos orgánicos, así mismo se cumplió con los criterios establecidos.

### **3.9. Aspectos éticos**

La presente investigación se realizó teniendo en consideración la propiedad intelectual, principios éticos del profesional, lineamientos y protocolos dispuestos por la universidad. Así mismo la investigación se ha desarrollado con información verídica y respetando la confiabilidad sobre los derechos de autoría, citando apropiadamente según el estilo dispuesto.

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

La revisión sistemática resultó de un análisis comparativo cualitativo con información recopilada, el cual nos permitió establecer las similitudes y diferencias y relación entre categorías y subcategorías establecidas en la matriz de categorización apriorística (tabla 01), relacionados a la capacidad de adsorción del carbón activado a partir de residuos orgánicos en el tratamiento de aguas residuales.

Se tomó un total de 22 estudios, de las cuales (7) artículos estuvieron concentradas en Colombia (Ensuncho, et al. 2015; López, et al. 2017; Ramírez, et al. 2016; Castellar, et al. 2019; Albis, et al. 2019; Acevedo, et al. 2015; Colpas, et al. 2016), en México (3) artículos (Bello, et al. 2015; Torres, et al. 2020; Nasyrov, et al. 2019), Perú (4) investigaciones (Cruz et al., 2013; Aguirre, 2017; Zevallos, 2018; Murrieta, 2019), Venezuela (3) artículos (Rojas, et al. 2016; Penedo, et al. 2015; Jiménez, et al. 2017), Cuba (2) artículos (Manals et al., 2016; Rojas et al., 2020, y por último se tomaron (1) artículo por estos países como Argentina (Filippín et al., 2017), Guatemala (Obregón, 2016), Bélgica (Hernández et al., 2017).

### **4.1. Tipos de residuos orgánicos para la producción de carbón activado**

Respecto a los tipos de residuos orgánicos usados en la elaboración de carbón activado, se observa en la figura 09, que de todas las investigaciones encontradas, la cascara de coco es el residuo orgánico más usado en la elaboración del carbón activado durante los últimos cinco años con un 31% con un total de (7) investigaciones, seguido de la tusa de maíz con un 22% (5) investigaciones, cascara de yuca 17% (4) investigaciones, lodo residual 13% (3) investigaciones, cascara de vaina de cacao 9% (2) investigaciones, y por último la cascara de naranja y otros residuos con un 4% por cada otro residuo.

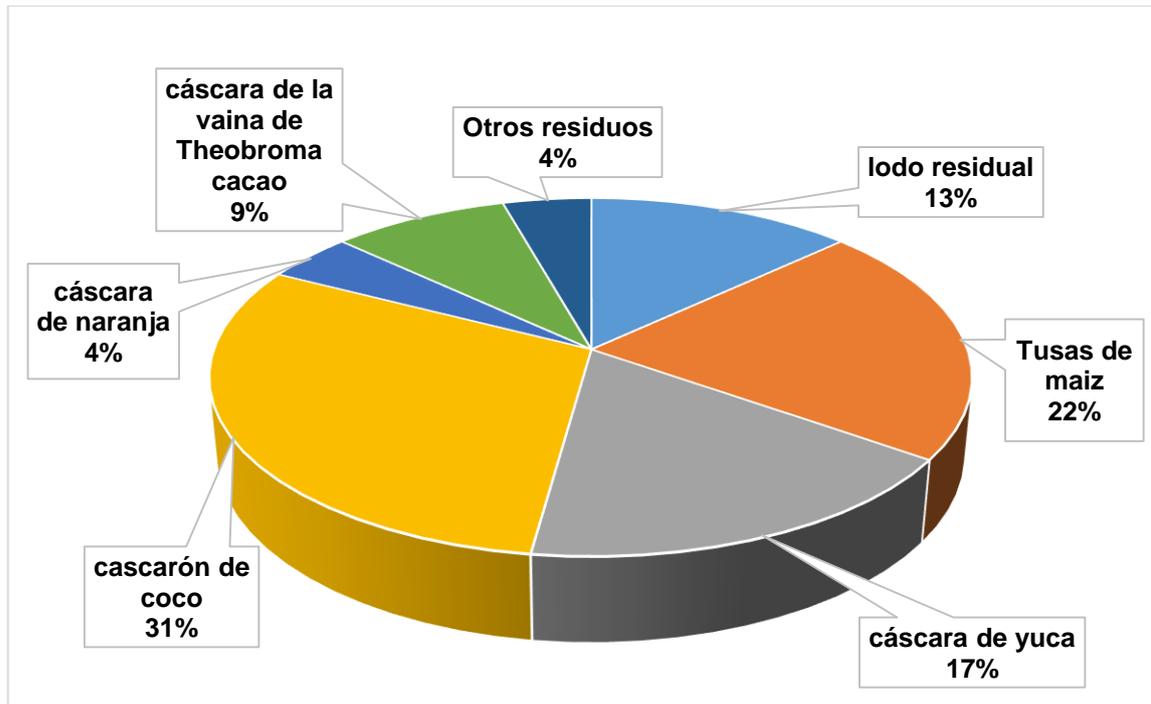


Figura 09. Diferentes residuos orgánicos en la elaboración de carbón activado

Fuente: Elaboración propia

Para la elección del residuo orgánico, este debe poseer algunas características bien definidas, tales como alto contenido de carbono, contenido de ceniza, material volátil, contenido de humedad y densidad aparente, descritas en la tabla 03; estos serán determinante para la calidad del carbón activado. Lo cual es avalado por Ensuncho et al. (2015), Penedo, et al. (2015), Castellar, et al. (2019), Ramírez et al. (2016), Zevallos, (2018), Bello, et al. (2015), Rojas, et al. (2020), quienes afirman que un buen residuo orgánico debe contener bajo contenido de cenizas, alto contenido de materia volátil y alto contenido de carbono fijo, para garantizar un buen rendimiento y desarrollo de la porosidad.

Entre los residuos orgánicos que presentan estas características están la tusa de maíz (Ensuncho et al. 2015; Torres, et al. 2020), cáscara de coco (Penedo, et al. 2015; Hernández, et al. 2017), cáscara de yuca (Castellar, et al. 2019), cáscara de palma de aceite (Ramírez et al. 2016), semillas de eucalipto (Aguirre, 2017), hueso de aceituna (Filippín, et al. 2017), *Gypsophila elegans* (Zevallos, 2018), aserrín (*Pinus tropicalis*) (Rojas, et al. 2020), cáscaras de nuez (Bello, et al. 2015), cáscara de cacao (Cruz, et al. 2013), cáscara de naranja (Murrieta, 2019), entre otros desechos, todos estos se han encontrado como residuos orgánicos adecuados

para la producción de carbón activado, por su alto contenido de carbono, bajo contenido de cenizas y su disponibilidad de estos residuos agrícolas. Asimismo, otro residuo aprovechable son los lodos avícolas, ya que tienen un gran contenido de materia orgánica y una mayor cantidad de carbono del lodo avícola y se utilizó como material para la elaboración de carbón activado (Rojas et al., 2016).

#### 4.1.1. Características de los residuos orgánicos

Para Ramírez et al., (2016), es conveniente realizar un análisis próximo de las características iniciales y del carbón activado obtenido, para determinar la humedad, material volátil, carbono fijo y cenizas presentes en el residuo. Estos análisis muestran que en la calcinación se perdió alrededor de un 75% en masa por la eliminación del material volátil, quedando el carbono listo para el proceso de activación.

**Tabla 03.** Características de los residuos orgánicos precursores

Referencia	Residuo orgánico	Humedad %	Materia volátil (%)	Carbono fijo %	Densidad aparente (g/ml)	Ceniza %
Rojas et al., 2016 p. 453-462	Lodo Avícola	89.88	-	33.69	0.838	24.60
Arrieta et al., 2017 p.60-73	cáscara de yuca ( <i>Manihot esculenta</i> )	13.74	87.48	10.50	-	2.53
Ramírez et al., 2016	Fibra de palma de aceite	6.75	77.39	18.70	-	3.98
Albis et al., 2019 p. 33-39	Cascara de yuca ( <i>Manihot esculenta</i> )	7.29	8.15	82.64	0.41	1.92
Filippín et al. 2017	Hueso de aceituna	7.24	78.7	12.30	-	2.77
Aguirre, 2017	Semillas de eucalipto ( <i>Eucalyptus globulus</i> )	5.27	3.52	63.24	0.438	1.49
Zevallos, 2018	<i>Gypsophila elegans</i> (Ilusión)	13.06	27.4	55.24	-	4.27

Fuente: Elaboración propia en base a revisión bibliográfica.

En la tabla 03, se observa el porcentaje de humedad donde Rojas et al., (2016), encontró en el lodo avícola un mayor porcentaje de humedad con 89,88 % por tratarse de una planta de tratamiento; sin embargo, Albis et al., (2019); Zevallos, (2018) reportaron que la cascara de yuca contiene 13,74 % de humedad y la *Gypsophila elegans* (Ilusión) 13,06 % resultando estos valores medios. A diferencia de López et al., (2017); Ramírez et al., (2016); Filippín et al., (2017) y Aguirre, (2017) en sus estudios se encontró porcentajes menores de humedad de 7,29 %, 6,75%; 7,24%; 5,27%, por ser residuos de semillas, cascara, huesos secos y duros.

Hay que tener en cuenta, que a más porcentaje de humedad en el residuo orgánico va generar un exceso en la cantidad energética de calor. Por tal razón es preferible que el residuo que se va someter al proceso de calcinación debe contener lo menos posible de porcentaje de humedad.

En cuanto al porcentaje de carbono fijo presente en los residuos orgánicos, Rojas et al., (2016); Aguirre, (2017); Zevallos, (2018), estos obtuvieron 33.69 %, 63.24 %, y 55.24 % de carbono respectivamente lodo avícola, semilla de eucalipto, *Gypsophila elegans*. Asimismo, afirmaron que un elevado contenido de carbono es una característica potencial para utilizar el residuo orgánico como precursor para la elaboración de carbón activado y así generara mayores porcentajes de remoción.

Por otro lado, López et al., (2017), Castellar et al., (2019), afirmaron que el contenido de materia volátil en residuos de cascara de yuca aumentaron por un posible efecto catalítico del ácido fosfórico durante la pirolisis. Además, señalaron que una alta área superficial va depender de la cantidad de material volátil existente en el residuo, y esto hará que al final del proceso de carbonización se genere mayor cantidad de poros en el adsorbente.

#### **4.2. Condiciones de producción de carbón activado**

A continuación, en la tabla 04, se observan las condiciones de producción necesarias para la obtención del carbón activado. Donde Castellar et al. (2019) utilizo el método químico a una temperatura de 530 °C en un tiempo de 30 minutos y utilizo el H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> al 85%, asimismo Ramírez et al. (2016), Bello et al. (2015), Rojas et al. 2020 activaron a temperaturas entre 450-550°C y tiempos entre 30-180 minutos. Por otro lado, López et al. (2017), Albis et al. (2019) activaron a

temperaturas entre 100-127°C y tiempos mayores entre 12-14 horas. A diferencia de Filippín et al. (2017), Manals et al. (2016), Penedo et al. (2015), que optaron por el método físico a temperaturas superiores entre 800-900°C y un tiempo entre 60-120 minutos y utilizo el Dióxido de carbono como agente activante.

**Tabla 04.** Condiciones de producción del carbón activado a partir de residuos orgánicos

Autor	Residuo orgánico	Método de activación	Temperatura de activación	Tiempo de activación	Agente activante	
Rojas et al. 2016	lodo avicola	Química	450 °C	2horas	H3PO4 a 35%	
Lopez et al. 2017	cáscara de yuca ( <i>Manihot esculenta</i> )		127 °C	14 horas	ácido fosfórico 85%	
Ramirez et al. 2016	palma de aceite fibra		550 °C	30 min	ZnCl2	
Castellar et al. 2019	cáscara de yuca		530 °C	30 min	H3PO4 al 85%	
Bello et al. 2015 p. 22-26	cáscaras de nuez de pecan (NP)		500 °C	3 horas	ácido fosfórico (H3PO4)	
Albis et al. 2019 p. 33-39	yuca ( <i>Manihot esculenta</i> )		105 °C	24 horas	H2SO4 98%	
Rojas et al. 2020	Aserrín ( <i>Pinus tropicalis</i> )		500 °C	12 horas	ácido fosfórico al 40 %	
Manals et al. 2016 p. 117-129	cascarón de coco		800 °C	2 horas	Dióxido de carbono	
Torres et al. 2020	Zea mays		Física	850 °C	80 min.	Vapor de agua
Penedo et al. 2015, p. 73-91	cascarón de coco		820 °C	2 horas	Vapor de agua	
Filippín et al. 2017	Hueso de aceituna		900 °C	60 min	CO <sub>2</sub>	

Fuente: Elaboración propia en base a revisión bibliográfica.

### 4.2.1. Métodos de activación

En la figura 10, se observa que el método de activación más utilizado es la activación química con un 71.43% debido que la impregnación del compuesto químico y la carbonización a temperaturas bajas, esto hacen que el material genere una mayor porosidad y un menor consumo energético. Por otro lado, el método de activación física es utilizado en un 28.57% esto se debe a que genera a temperaturas superiores y el consumo energético es mayor.

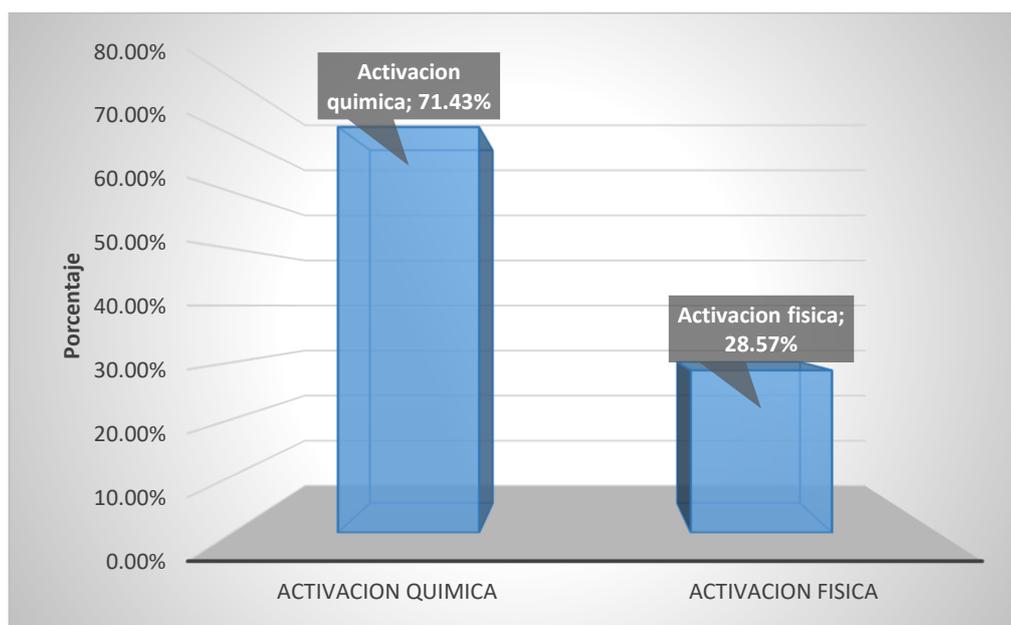


Figura 10. Diferentes métodos de activación en la producción de carbón activado de residuos orgánicos

Fuente: Elaboración propia

### 4.2.2. Temperatura de activación (C°)

En relación con la temperatura de activación, Rojas et al. (2016), al aumentar la temperatura de modificación y la relación biomasa: ácido fosfórico aumenta el porcentaje de remoción del precursor aumenta debido al tratamiento químico y térmico. De la misma forma Albis et al. (2019), menciona que el porcentaje de remoción va depender de la temperatura de modificación, ya que al aumentar la temperatura de 115 a 125°C la cantidad de remoción aumenta un 90 %. Por otro lado, Rojas et al. (2020) menciona que a una temperatura de activación de 400 °C como a 500 °C, condujo a un mayor desarrollo de la microporosidad.

### **4.2.3. Tiempo de activación**

Dentro de las condiciones de producción, el tiempo de activación ha sido la variable relevante para obtener carbones activados con una buena área superficial y alta porosidad. La temperatura de activación es la que va depender del tiempo, ya que si la temperatura es menor el tiempo de activación aumentara. Es así que se desarrolló carbones activados a diferentes intervalos de tiempo, en donde López et al. (2017), tardo 14 horas a una temperatura menor de 127 °C. A diferencia de, Penedo et al. (2015) quien lo obtuvo en 2 horas, a una temperatura de 820 °C.

### **4.2.4. Agente activante.**

En cuanto al agente activante Rojas et al. (2016), Bello et al. (2015), demostraron que a medida que aumentan los porcentajes de ácido fosfórico (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>), se incrementó adsorción del azul de metileno que es un colorante orgánico usado en la industria textil y es tomado como un indicador de la cantidad de adsorción de carbón activado modificado. Además, Rojas et al. (2020) señalo que con disolución de ácido fosfórico al 40 % en masa, se alcanzó un mejor porcentaje de índice de yodo en comparación con aquellos preparados con mayor concentración (50 %) y menor concentración (30 %) de la disolución ácida. Por otro lado, el desarrollo de porosidad está relacionado directamente con el aumento de la concentración del H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>.

## **4.3. Calidad del carbón activado obtenido de residuos orgánicos.**

### **4.3.1. Características del carbón activado a partir de residuos orgánicos**

La tabla 05, se muestra las características del carbón activado proveniente de residuos orgánicos como el área superficial (m<sup>2</sup>/g), porcentaje de carbono, porcentaje de humedad, porcentaje de ceniza. Donde Rojas et al. (2016), Cruz et al. (2013), López et al. (2017), Manals et al. (2016), obtuvieron porcentaje de carbono entre 80-89 %, Asimismo el resto obtuvieron porcentajes medios de carbono en la estructura del carbón activado entre 50-60%. Por otro lado, la mayor área superficial fue de la cáscara de cacao de 1180 m<sup>2</sup>/gr y la menor área superficial fue de 320 m<sup>2</sup>/gr del residuo cáscara de yuca.

**Tabla 05. Características del Carbón activado proveniente de residuos orgánicos**

<b>Residuo orgánico</b>	<b>Área superficial</b>	<b>C %</b>	<b>Humedad %</b>	<b>Ceniza %</b>	<b>Autor</b>
lodo avícola	-	81.25	4.01%	1.90%	Rojas et al. 2016
Tusas de maíz	373	-	-	-	Ensuncho et al. 2015
cáscara de yuca	320	51.45	7.75%	6.80%	Lopez et al. 2017
cáscara de cacao	1180	88.80	-	-	Cruz et al. 2013 p. 17-25
fibra palma de aceite	835.3	45.90	-	-	Ramirez et al. 2016
cáscara de yuca	472		13.10%	5.20%	Castellar et al. 2019
casarón de coco	-	81.11	16.86%	8.20%	Manals et al. 2016 p. 117-129
Zea mays	-	-	-	6.69%,	Torres et al. 2020
casara de yuca	-	43.21	-	-	Albis et al. 2019 p. 33-39
Aserrín (Pinus tropicalis)	-	51	-	-	Rojas et al. 2020
Hueso de aceituna	750	-	-	2.57%	Filippín et al. 2017

Fuente: Elaboración propia en base a revisión bibliográfica.

La capacidad de adsorción y el área superficial están relacionadas directamente con la composición química de cada residuo, debido a la diferencia entre los porcentajes de cenizas y material volátil. Así mismo el área superficial se relaciona con la cantidad de material volátil presente en un residuo, lo que genera mayores poros al ser carbonizado el residuo (Ramírez et al. 2016).

En cuanto al porcentaje de carbono Rojas et al. (2016), demostró que el porcentaje de carbono esta elevado a diferencia del porcentaje inicial del residuo, este cambio se debe al ser sometido al proceso de pirolisis. Bansal et al. (2018) asegura que el

carbono es el principal compuesto que se encuentra presente en los carbones activados al encontrarse en un 85 a 95%. Además de otros compuestos en menor proporciones como hidrógeno, nitrógeno, sulfuro y oxígeno.

En cuanto a la superficie Rojas et al. (2016); (Ramirez et al. 2016) obtuvieron complejos o grupos funcionales en la superficie del carbón activado. Estos grupos funcionales dependen de la procedencia del residuo orgánico o incorporarse en la etapa de elaboración. Por otro lado, la reducción en el contenido de cenizas en el carbón activado, se resulta de la activación que fue sometido el residuo. Este proceso generara una porosidad en el área superficial, eso fue corroborado por la microscopia electrónica de barrido (SEM).

Con respecto a la reducción de la densidad aparente del residuo, Rojas et al., (2016), infiere que esta característica ayuda incrementar la porosidad del material al someterlo a una activación química y una posterior pirolisis, asimismo genero una alta área superficial, a la vez que el volumen ocupado fue mayor.

De esta manera evidenciar que, para lograr optimizar el proceso de adsorción, las características del carbón activado deben tener las condiciones establecidas, dentro de ellas está el área superficial, tamaño de porosidad, cantidad de carbono; estas han sido las características que definen al material sólido, al realizar tratamientos de aguas residuales y así este sea más eficiente en su capacidad de adsorción.

#### **4.3.2. Capacidad de adsorción del carbón activado**

Finalmente, en la tabla 06 se describe la capacidad de adsorción del carbón activado obtenido. Al comparar los resultados de la capacidad de adsorción, se observa que, de todas las muestras obtenidas, la fibra palma de aceite presentan una mejor capacidad de adsorción de azul de metileno de 763.4 mg/g. A diferencia de Zea mays con un 23,57 mg/g de tartrazina un colorante artificial y cascara de coco con un 1.25 mg/g del Níquel compuesto químico metálico.

**Tabla 06.** Capacidad de adsorción del carbón activado obtenido de residuos orgánicos.

Referencias	Residuo orgánico	Indicador	Capacidad de adsorción	% remoción
Rojas et al. 2020	Aserrín (Pinus tropicalis)	índice de yodo (I)	462mg de I/g	64%
Filippín et al. 2017	Hueso de aceituna	índice de yodo (I)	707 mg de I/g	20.85%
Rojas et al. 2016	lodo avícola	azul de metileno (AM)	43.48 mg de AM/g	88.44%
López et al. 2017	cáscara de yuca (Manihot esculenta)	azul de metileno (AM)	59.981mg/g	99.97%
Ramírez et al. 2016	fibra palma de aceite	azul de metileno (AM)	763.4 mg/g	-
Castellar et al. 2019 p. 7231-7238	cáscara de yuca	azul de metileno (AM)	62.4 mg/g	-
Bello et al. 2015 p. 22-26	cáscaras de nuez de pecan (NP)	azul de metileno (AM), fenol (F)	400 mg de AM/g 158.7 mg de F/g	-
Ensuncho et al. 2015	Tusas de maíz	amarillo anaranjado	226,33 mg /g	-
Albis et al. 2019 p. 33-39	yuca (Manihot esculenta)	mercurio (Hg)	0.03 mmol/g	-
Manals et al. 2016 p. 117-129	cascañón de coco	Niquel (Ni) Cobalto (Co)	0,24 mg/g Co 1,25 mg/g Ni	40 % Ni 49 % Co
Torres et al. 2020	Zea mays	tartrazina	23.47 mg/g	46.90%
Penedo et al. 2015, p. 73-91	cascañón de coco	Niquel (Ni) Cobalto (Co)	71.43 Co mg/g 17,60 Ni mg/g	98.1% Ni 99.6% Co

Fuente: Elaboración propia en base a revisión bibliográfica.

Las diferencias respecto a la capacidad de adsorción de un material con otro, va depender de la estructura microporosa y del compuesto que se quiere adsorber en el material carbonoso. Por otro lado, el tamaño de partícula que se encuentren en el rango de 325  $\mu\text{m}$  - 60  $\mu\text{m}$  tiene una capacidad de retención inferior de aproximadamente 59.98 mg/g, 226.33 mg/g, sin embargo, para las partículas con tamaños inferiores a 60  $\mu\text{m}$  se observa una mejor capacidad de adsorción, esto se debe a que a menor tamaño de partícula se incrementa el área superficial y esto favorece el proceso de adsorción.

Para Ensuncho et al., (2015), el pH es un factor que determina en la adsorción de colorantes, debido a que el pH afecta la composición del colorante; este parámetro afecta la carga del colorante y el grado de ionización del mismo con lo cual ocasiona una disminución del color en la solución. De la misma manera Torres et al., (2020), demostró que la superficie de los materiales adsorbentes se ve influenciada por el pH del medio, con lo cual puede encontrarse con una carga positiva, negativa e incluso nula, influyendo considerablemente en la capacidad de adsorción de dicho material. Asimismo, Castellar et al. (2019), menciona que la capacidad máxima de adsorción disminuye en la medida que aumenta el pH; estos cambios pueden generarse por la presencia de grupos funcionales existente en el área superficial del material variando la concentración de  $\text{H}^+$  y  $\text{OH}^-$  y, por la interacción del adsorbente con otros grupos funcionales.

Por otro lado, Ramírez et al., (2016) y López et al., (2017); Albis et al. (2019), señalaron que el azul metileno (AM) es un colorante utilizado en procesos de tinción, por su alta capacidad de adsorción y mayormente es usado como un compuesto modelo en estudios de adsorción de soluciones líquidas. A diferencia de Castellar et al., (2019) indica que índice de yodo es un compuesto que ayuda a determinar y calcular las características como área específica, volumen de microporos y volumen total de poros, se utiliza como un estimador de la superficie total.

## V. CONCLUSIONES

1. A través del análisis de los estudios, se evidencio el alto potencial para la producción de carbón activado a partir de residuos orgánicos provenientes del sector de la agricultura y agroindustrial, por ser desechos abundantes y por su disponibilidad en diferentes zonas geográficas. Además, las características que debe poseer es un alto porcentaje de carbono entre un 50% - 80%, cantidad de cenizas entre un 20% - 40% y el material volátil entre un 20% - 80%, estos son primordiales para aumentar su capacidad de adsorción, para así lograr un porcentaje mayor de remoción de contaminantes provenientes de aguas residuales.
2. En cuanto a las condiciones de producción, se puede concluir que el método de activación química es el que genera mayores rendimientos, ya que, el compuesto químico impregnado y la temperatura de activación hace que obtenga mayores áreas superficiales, mejor tamaño, distribución de poros y un menor consumo de energía. A diferencia de la activación física que va depender de la temperatura de activación y esto genera un mayor consumo de energía. Por otro, lado la temperatura de activación debe oscilar entre 450 - 900°C, asimismo el tiempo de activación debe estar entre 30 - 180 minutos y por último el agente activante que genera una buena estructura es el ácido fosfórico ( $H_3PO_4$ ), seguido del ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ). Estos procesos secuenciales de producción influyen en los rendimientos y una mejora sobre la capacidad de adsorción.
3. La calidad del carbón activado dependerá del área superficial que se encuentre entre 300-1200  $m^2/gr$ , que permitirá la captación de contaminantes en la superficie del adsorbente, así mismo de la porosidad del material que debe estar entre 10-60  $\mu m$ . La mayor capacidad de adsorción respecto a los indicadores como es el caso de azul metileno (AM) fue de 763.4 mg/g demostrada en carbones que se activaron a 550 °C durante un periodo de 30 minutos, lo que hace muy atractivo para su utilización en la remoción de contaminantes en efluentes residuales. Por otro lado, si se requiere adsorber un buen porcentaje se tiene que tener en cuenta el tiempo de contacto, pH, concentración inicial.

## **VI. RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda realizar un análisis de las características iniciales del residuo orgánico, para determinar la cantidad de carbono, cantidad de materia volátil, cantidad de ceniza y densidad aparente presentes en su estructura.
2. Estandarizar las condiciones de producción, el método de activación, temperatura de activación, agente activante empleado, para que de esta manera se obtenga carbón activado de residuos orgánicos de buena calidad.
3. Se recomienda realizar un análisis superficial del carbón por microscopía electrónica para determinar el tipo de poro predominante en el carbón activado.
4. Se recomienda realizar más investigaciones relacionadas al análisis de espectroscopía infrarroja para determinar los grupos funcionales presentes en la superficie del carbón activado.
5. Realizar más investigaciones relacionadas a los métodos de isothermas de adsorción utilizados en la remoción de contaminantes en el agua, para determinar la eficiencia del carbón activado a partir de residuos orgánicos.

## REFERENCIAS

ACEVEDO, Sergio; GIRALDO, Liliana; MORENO, Juan Carlos. Caracterización textural y química de carbones activados preparados a partir de cuesco de palma africana (*Elaeis guineensis*) por activación química con CaCl<sub>2</sub> y MgCl<sub>2</sub>. *Revista Colombiana de Química* [en línea]. 2015, vol. 44, n.º 3, p. 18-24. [Fecha de consulta: 25 de septiembre de 2020]. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/3090/309044719003.pdf>.

AGUIRRE, Nathali Yola. Adsorción de metales pesados (Pb y As) con carbón activado a partir de semillas de eucalipto (*Eucalyptus globulus*). Tesis para el título profesional. Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2017. Disponible en <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/7397>.

AHMED, Muthanna. J. Preparation of activated carbons from date (*Phoenix dactylifera L.*) palm stones and application for waste water treatments. *Journal Process Safety and Environmental Protection* [en línea]. 2016, vol. 102, 168–182. [Fecha de consulta 20 de abril 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.psep.2016.03.010>.

AHMEDNA, Mohamed; MARSHALL, W. E. y RAO, R. M. Production of granular activated carbons from select agricultural by products and evaluation of their physical, chemical and adsorption properties. *Journal Bioresource technology* [en línea]. 2000, vol.71, n.º2, p.113-123. [Fecha de consulta 6 de abril 2020]. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096085249900070X>

ALBIS, Alberto Ricardo; LÓPEZ, Alexandra Judith y ROMERO, María. Remoción de azul de metileno de soluciones acuosas utilizando cáscara de yuca (*Manihot esculenta*) modificada con ácido fosfórico. *Revista Prospectiva* [en línea]. 2017, vol. 15, n.º 2, p. 60-73. [Fecha de consulta: 25 de septiembre de 2020]. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6068809> ISSN 2216-1368.

ARANGO, Daniel Isidro. Obtención de carbones activados a partir del cisco de café y el cuesco de la palma africana para aplicaciones en el área de energía. Tesis de maestría en ingeniería. Medellín: Universidad Pontificia Bolivariana, 2018. Disponible en <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/4522>.

ARRIETA, Alberto Ricardo; ORELLANO, Sergio Andrés y PALACIO, Adriana Margarita. Remoción de Mercurio (II) en solución acuosa usando residuo industrial de yuca (*Manihot esculenta*). *Rev. Prospectiva* [en línea]. 2019, vol. 17, no 2, p. 5. [Fecha de consulta: 25 de septiembre de 2020]. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7047517> ISSN 1692-8261.

ASIMBAYA, Cristopher, [et al.]. Obtención de Carbón Activado a partir de Residuos Lignocelulósicos de Canelo, Laurel y Eucalipto. *Revista Politécnica* [en línea]. 2015, vol. 36, n.º 3, p. 24-24. [Fecha de consulta: 10 de octubre 2020]. Disponible en [http://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista\\_politecnica2/article/view/537](http://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/537) .

BASTIDAS, Marlon, [et al.]. Producción de carbón activado a partir de precursores carbonosos del departamento del Cesar, Colombia. *Revista Información tecnológica* [en línea]. 2010, vol. 21, n.º 3, p. 87-96 [Fecha de consulta: 06 de mayo de 2020]. Disponible en [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-07642010000300010&lng=es&nrm=iso](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642010000300010&lng=es&nrm=iso). ISSN 0718-0764.

BELLO, V. [et al.]. Fabricación de carbón activado granular a partir de dos residuos agrícolas. *Boletín del Grupo Español del Carbón* [en línea]. 2015, n.º 36, p. 22-26. [Fecha de consulta: 25 de septiembre de 2020]. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5210390> ISSN 2172-6094.

BIAN, Yongning, [et al.]. Recycling of Waste Sludge: Preparation and Application of Sludge-Based Activated Carbon. *International Journal of Polymer Science* [en línea]. 2018, vol. 2018 p. 1–17. [Fecha de consulta 20 de abril 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.1155/2018/8320609>.

BOONPOKE, Anusorn. Study on preparation of water hyacinth-based activated carbon for pulp and paper mill waste water treatment. *Journal of Environmental Biology* [en línea]. 2015, vol. 36, n.º 5, p. 1143–1148. [Fecha de consulta: 16 de abril 2020]. ISSN: 2394-0379 Disponible en [http://www.jeb.co.in/journal\\_issues/201509\\_sep15/paper\\_15.pdf](http://www.jeb.co.in/journal_issues/201509_sep15/paper_15.pdf).

CARRIAZO, José G., SAAVEDRA, Martha J., y MOLINA, Manuel F. Propiedades adsorptivas de un carbón activado y determinación de la ecuación de Langmuir empleando materiales de bajo costo. *Revista Educación Química* [en línea]. 2010, vol. 21, n.º 3, p. 224–229. [Fecha de consulta 06 de mayo de 2020]. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sciarttext&pid=S0187893X2010000300007>.

CARVAJAL, Ana M., GÓMEZ, Fernando, Liliana y MORENO, Juan C. Modificación química de carbones activados y su efecto sobre la adsorción de compuestos fenólicos. *Ingeniería y Competitividad* [en línea]. 2015, vol. 17, n.º 1, p. 109-119 [Fecha de Consulta 25 de septiembre de 2020]. ISSN: 0123-3033. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=291339265009>.

CASTELLAR, Grey, [et al.]. Equilibrio, cinética y termodinámica de la adsorción del colorante DB-86 sobre carbón activado de la cáscara de yuca. *Revista MVZ Córdoba* [en línea]. 2019, 24(2), p. 7231-7238. [Fecha de consulta: 25 de septiembre de 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.21897/rmvz.1700>.

CAYO, Richar Antony; MONTALVO, Claudia Sonia. Cinética e Isotermas de adsorción de iones de Arsénico (III) mediante nanoporos de carbón activado derivados de lodos orgánicos de aguas residuales. Tesis para el título profesional. Lima: Universidad Peruana Unión, 2019. Disponible en <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/UPEU/2077>.

COLPAS, Fredy, TARÓN, Arnulfo A. y FON, Wilder. Adsorción de mercurio utilizando carbones activados modificados con peróxido de hidrogeno y calentamiento. *Información tecnológica* [en línea]. 2016, vol. 27, n.º 5, p. 69-76. [Fecha de consulta: 25 de septiembre de 2020]. Disponible en [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-07642016000500009&lng=es&nrm=iso](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642016000500009&lng=es&nrm=iso). ISSN 0718-0764.

CRUZ, Gerardo, CANEPA, Carlos, AGUIRRE, Dorian. Producción y caracterización de carbones activados a partir de residuos agroindustriales. *Rev. Manglar* [en línea]. 2015, vol. 10, n.º 2, p. 17-25. [Fecha de consulta 06 de abril de 2020]. Disponible en <http://erp.untumbes.edu.pe/revistas/index.php/manglar/article/view/2> ISSN 2414-1046.

DÍAZ, Daniel Alejandro. Desarrollo y caracterización de compósitos de carbón activado-vidrio para la recuperación de oro. Tesis de Licenciatura. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 2015. Disponible en <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/10382>.

DURÁN, Martín Eduardo Suárez. El saber pedagógico de los profesores de la Universidad de Los Andes Táchira y sus implicaciones en la enseñanza. 2007. Tesis Doctoral. Universitat Rovira Virgili. Disponible en <http://www.tesisenxarxa.net/TDX-0702107-131124>.

ENSUNCHO, Adolfo E.; ROBLES, Juana R. y CARRIAZO, José G. Adsorción del colorante amarillo anaranjado en solución acuosa utilizando carbones activados obtenidos a partir de desechos agrícolas. Revista Sociedad Química Perú [en línea]. 2015, vol.81, n.º 2 pp.135-147. [Fecha de consulta: 10 octubre 2020]. Disponible en [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1810634X2015000200006&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810634X2015000200006&lng=es&nrm=iso). ISSN 1810-634X.

FILIPPÍN, Ana J., [et al.]. Obtención y caracterización de carbón activado a partir de residuos olivícolas y oleícolas por activación física. *Avances en Ciencias e Ingeniería* [en línea]. 2017, vol. 8, n.º 3, p. 59-71. [Fecha de consulta: 25 de septiembre de 2020]. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/3236/323652916007.pdf>.

GARCÍA, [et al.]. Telas de carbón activado: generalidades y aplicaciones. *Revista especializada en ciencias químico biológicas* [en línea]. 2019, vol. 22, e182. [Fecha de consulta 16 de abril 2020]. Disponible en <https://dx.doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2019.0.182>.

GONZALES, Héctor Enrique y TERUYA, Renzo. Estudio preliminar de carbón activado; situación en el Perú. Lima, Universidad Nacional Agraria La Molina, 2004. [Fecha de consulta: 16 de abril 2020]. Disponible en [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/34525489/Carbon\\_ActivadoEstudio\\_preliminar-PERU.pdf](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/34525489/Carbon_ActivadoEstudio_preliminar-PERU.pdf).

GONZÁLEZ, Bárbara Daniela Desarrollo de carbón activado a partir de desechos agroindustriales con aplicación en adsorción de arsénico. Tesis de titulación en ingeniería. Santiago de Chile: Universidad de Chile, 2017. [Fecha de consulta: 06 de mayo de 2020]. Disponible en <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/147405>.

HERNÁNDEZ, Hernán y TOBÓN, Sergio. Análisis documental del proceso de inclusión en la educación. *Ra Ximhai* [en línea]. vol. 12, núm. 6, julio-diciembre, 2016, p. 399-420. [Fecha de consulta: 06 de mayo de 2020]. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46148194028>.

HERNÁNDEZ, Mónica, [et al.]. Adsorción de NI (II) en carbón activado de conchas de coco modificado con soluciones de Ácido Nítrico. *Tecnología Química* [en línea]. 2017, vol. 37, n.º 1, p. 12-24. [Fecha de Consulta 25 de septiembre de 2020]. ISSN: 0041-8420. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445552837002>.

HERRERA, Lisbeth Jobita. Eficiencia en la producción de carbón activado por pirólisis a partir de lodos provenientes de la planta de tratamiento de aguas residuales, Carapongo, 2018. Tesis de titulación en ingeniería. Lima: Universidad César Vallejo, 2018. [Fecha de consulta: 06 de mayo de 2020]. Disponible en <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/37910>.

JIMÉNEZ, Iliana, [et al.]. Síntesis de carbón activado a partir de epicarpio de *Attalea macrolepis* y su aplicación en la remoción de Pb 2+ en soluciones acuosas. *Revista internacional de contaminación ambiental* [en línea]. 2017, vol. 33, n.º 2, p. 303-316. [Fecha de consulta: 25 de septiembre de 2020]. Disponible en [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-49992017000200303&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992017000200303&lng=es&nrm=iso) ISSN 0188-4999.

LAPO, Junior Alfredo. Reactivación del carbón activado del tipo calgon americano 6x12 utilizado en la Sociedad Minera Promine para el proceso de adsorción de metales preciosos. Tesis de Licenciatura. Machala: Universidad Técnica de Machala, 2014. [Fecha de consulta: 06 de mayo de 2020]. Disponible en: <http://repositorio.utmchala.edu.ec/bitstream/48000/2175/1/CD00239-TESIS.pdf>.

LETELIER, Luz María; MANRÍQUEZ, Juan J. y RADA, Gabriel. Revisiones sistemáticas y metaanálisis: ¿son la mejor evidencia? *Revista médica de Chile* [en línea]. 2005, vol. 133, n.º 2, p. 246-249. [Fecha de consulta: 06 de mayo de 2020]. Disponible en [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-98872005000200015&lng=es&nrm=iso](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-98872005000200015&lng=es&nrm=iso). ISSN 0034-9887.

LUNA, Donaciano, [et al.]. Obtención de carbón activado a partir de la cáscara de coco. *ContactoS* [en línea]. 2007, vol. 64, n.º 10, p. 39-48. [Fecha de consulta: 06 de mayo de 2020]. Disponible en [http://www2.izt.uam.mx/newpage/contactos/anterior/n64ne/carbon\\_v2.pdf](http://www2.izt.uam.mx/newpage/contactos/anterior/n64ne/carbon_v2.pdf).

MALHOTRA, Milan, SURESH, Sumathi, y GARG, Anurag. Tea waste derived activated carbon for the adsorption of sodium diclofenac from wastewater: adsorbent characteristics, adsorption isotherms, kinetics, and thermodynamics. *Environmental Science and Pollution Research International* [en línea]. 2018, vol. 25, n.º 32, p. 32210–32220. [Fecha de consulta 16 de abril 2020]. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-3148-y>.

MANALS, Enma M.; VENDRELL, Frank y PENEDO, Margarita. Aplicación de carbón activado de cascarón de coco en adsorción de especies metálicas contenidas en el licor de desecho (WL) de la lixiviación ácida de mineral laterítico. *Rev. Tecnología Química* [en línea]. enero-abril 2016, vol.36, n.º1, pp.93-103. [Fecha de consulta: 25 de septiembre de 2020]. Disponible en [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2224-61852016000100009](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852016000100009) ISSN 2224-6185.

MARSH, Harry y RODRÍGUEZ, Francisco. Activated Carbon ed. *Elsevier Science & Technology* [en línea]. 2006. [Fecha de consulta 25 de septiembre de 2020]. Disponible en <https://books.google.es/books?id=UaOXSk2vFVQC},year={2006}>

MARTÍNEZ, Alicia. Desarrollo de carbones activados a partir de residuos lignocelulósicos para la adsorción y recuperación de tolueno y n-hexano. Tesis Doctoral. Zaragoza: Universidad San Jorge, 2012. Disponible en <https://digital.csic.es/handle/10261/74991>.

MEJIA, Mari Victoria. Potencial de residuos agroindustriales para la síntesis de Carbón Activado: una revisión. *Scientia et Technica* [en línea]. 2018, vol. 23, n.º 3, p. 411-419. [Fecha de consulta 16 de abril 2020]. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6760221> ISSN 0122-1701.

MURRIETA, Llely Sabrina. Evaluación de la capacidad de adsorción de carbón activado mediante cáscara de naranja (*Citrus Cinensis*) para la remoción de iones de arsénico en aguas residuales industriales. Tesis para el título profesional. Lima: Universidad Peruana Unión, 2019. Disponible en <http://repositorio.upeu.edu.pe/handle/UPEU/2451>.

NASYROV, Ilnar A., [et al.]. Purificación por sorción de aguas residuales galvánicas de iones de hierro (III), cobre (II), cromo (VI) y zinc (II) utilizando productos sólidos modificados de pirólisis de desechos que contienen carbono. Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores [en línea]. 2019. [Fecha de consulta: 25 de septiembre de 2020]. Disponible en <https://www.dilemascontemporaneoseducacionpoliticayvalores.com/index.php/dilemas/article/view/851>.

NAVARRETE, Diana Fernanda, QUIJANO, Nadia Rosaura y VÉLEZ, Cristian Douglas. Elaboración de carbón activado a partir de materiales no convencionales, para ser usado como medio filtrante. Tesis de Licenciatura. Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2015. [Fecha de consulta: 06 de mayo de 2020]. Disponible en <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/29845/1/D-70080.pdf>.

NAVARRO, Patricio, y VARGAS, Cristian. Efecto de las propiedades físicas del carbón activado en la adsorción de oro desde medio cianuro. *Revista de Metalurgia*, [en línea]. 2010, vol. 46, n.º 3, p. 227– 239. [Fecha de consulta 16 de abril 2020]. <https://doi.org/10.3989/revmetalm.0929>.

OBREGÓN, Jorge Pablo. Comparación de los distintos tratamientos para la obtención de carbón activado a nivel laboratorio a partir del endocarpio del coco (*Cocos nucifera*), con base en el índice de yodo. Tesis Doctoral. Universidad de San Carlos de Guatemala, 2016. [Fecha de consulta: 06 de mayo de 2020]. Disponible en <http://www.repositorio.usac.edu.gt/id/eprint/5689>.

PAREDES, Ana Lucía. Estudio de la adsorción de compuestos aromáticos mediante carbón activado preparado a partir de la cáscara de castaña. Tesis de licenciatura. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2011. Disponible en <http://hdl.handle.net/20.500.12404/827>.

PENEDO, Margarita, [et al.]. Adsorción de níquel y cobalto sobre carbón activado de cascarón de coco. *Tecnología Química* [en línea]. 2015, vol. 35, n.º 1, p. 110-124. [Fecha de consulta: 25 de septiembre de 2020]. ISSN 2224-6185. Disponible en [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2224-61852015000100010&lng=es&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852015000100010&lng=es&nrm=iso).

PONCE, Darwin Gabriel. Aplicación del carbón activado de la cáscara de coco, en la purificación y absorción del hierro y plomo del agua de consumo de los pobladores de Paragsha-Pasco 2018. Tesis para el título profesional. Pasco: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, 2019. Disponible en [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUND\\_6b096827574d7e49d5fd3927c44775ac](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUND_6b096827574d7e49d5fd3927c44775ac).

RAMIREZ, Anyi P.; GIRALDO, Stephanie; FLOREZ, Elizabeth y ACELAS, Nancy. Preparación de carbón activado a partir de residuos de palma de aceite y su aplicación para la remoción de colorantes. *Rev. Colombia Química* [en línea]. 2017, vol.46, n.º1, pp.33-41. [Fecha de consulta: 25 de septiembre de 2020]. Disponible en [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-28042017000100033&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-28042017000100033&lng=en&nrm=iso). ISSN 0120-2804.

RIMOLI, Michelle, [et al.]. Preparation and characterization of carbon from the fruit of brazil nut tree activated by physical process. *Revista Árvore* [en línea]. 2019, vol. 43, n.º 2, e430206. [Fecha de consulta 16 de abril 2020]. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.1590/1806-90882019000200006> ISSN 1806-9088.

ROJAS, Jorge Luis, GUTIÉRREZ, Edixon Cristóbal y COLINA, Gilberto de Jesús. Obtención y caracterización de carbón activado obtenido de lodos de plantas de tratamiento de agua residual de una industria avícola. *Revista Ingeniería, investigación y tecnología* [en línea]. 2016, 17(4), 453-462. [Fecha de consulta: 20 de septiembre 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.riit.2016.11.005> ISSN 1405-7743.

ROJAS, René Antonio; RUTIAGA, José Guadalupe y MÁRQUEZ, Francisco. Adsorción de amoniaco en carbón activado de Pinus Tropicalis de Pinar del Río. *Avances* [en línea]. Abril-junio, 2020, vol. 22, n.º 2, p. 277-289. [Fecha de consulta: 25 de septiembre de 2020]. Disponible en <http://www.ciget.pinar.cu/ojs/index.php/publicaciones/article/view/541/1613> ISSN 1562-3297.

RUIZ, Amparo Patricia. Obtención de carbón activado a partir de cáscara de naranja (*Citrus L. Obseck*) y su aplicación como adsorbente de plomo (II) en disolución acuosa. Tesis de titulación en ingeniería. Lima: Universidad Nacional Agraria la Molina, 2018. [Fecha de consulta: 06 de mayo de 2020]. Disponible en <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/4043>.

RUIZ, Lenin, y ORBEGOSO, Kristill Yliany. Eficiencia del carbón activado obtenido a partir del endocarpo de “coco” (*Cocos nucifera*) y semilla de “aguaje” (*Mauritia flexuosa*), en la remoción de la DBO5 de las aguas residuales domésticas en el distrito de Habana–Moyobamba, 2018. Tesis para el título profesional. Moyobamba: Universidad Nacional de San Martín, 2019. [Fecha de consulta: 06 de mayo de 2020]. Disponible en <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/3345>.

SERRANO, Danny Josué. Síntesis de carbón activado a partir del endocarpio de *Cocos nucifera* y su aplicación en la adsorción de algunos metales pesados. Tesis de Licenciatura. Quito: Universidad Central de Ecuador, 2019. Disponible en <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/20332>.

TORRES, Jonatan, [et al.]. Preparación de carbón activado a partir de residuos de Zea mays para eliminar tartrazina. *Rev. Cultura Científica y Tecnológica* [en línea]. 2020, vol. 17, n.º 1, p. 1. [Fecha de consulta: 25 de septiembre de 2020]. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7349879> ISSN 2007-0411.

VARGAS, Zoila Rosa. La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica. *Revista educación* [en línea]. 2009, vol. 33, n.º 1, p. 155-165. [Fecha de consulta 15 de mayo 2020]. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/440/44015082010.pdf>.

WANG, Yaning, [et al.] Facile preparation of charcoal nanomaterial from fishery waste with remarkable adsorption ability. *Rev. Materials* [en línea]. 2019, vol. 12, n.º 8, p. 1996-1944. [Fecha de consulta: 06 de mayo de 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ma12081318>.

YU, Zhenwei, [et al.]. Production of activated carbon from sludge and herb residue of traditional Chinese medicine industry and its application for methylene blue removal. *BioResources* [en línea]. 2019, vol. 14, n.º 1, p. 1333–1346 [Fecha de consulta 16 de abril 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.15376/biores.14.1.1333-1346>.

ZEVALLOS, Carlos Adolfo. Obtención de carbón activado a partir de residuos orgánicos de *Gypsophila elegans* (Ilusión) del Distrito de Cayma y su evaluación como adsorbente de plomo (II) en solución acuosa. Tesis de maestría. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín, 2018. Disponible en <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/7792>.

## ANEXOS

### Anexo 01: Tipos de métodos de activación en la producción de carbón activado de residuos orgánicos

Método de activación	Residuos orgánicos	Referencias
Activación química	lodo avícola	Rojas et al. 2016
	lodo residual	Nasyrov et al. 2019
	Tusas de maíz cáscara de coco cáscara de arroz	Ensuncho et al., 2015 p.135-147
	cáscara de yuca	López et al. 2017
	cáscara de yuca	Albis et al. 2019 p. 33-39
	cáscara de yuca	Castellar et al. 2019
	cáscara de cacao cáscara de <i>Coffea arabica</i>	Cruz et al. 2013 p. 17-25
	palma de aceite fibra	Ramírez et al. 2016
	cáscaras de nuez Huesos de capulín	Bello et al. 2015 p. 22-26
	<i>Aserrín (Pinus tropicalis)</i>	Rojas et al. 2020
Activación física	cascarón de coco	Manals et al. 2016 p. 117-129
	cascarón de coco	Penedo et al. 2015, p.73-91
	Zea mays	Torres et al. 2020
	Hueso de aceituna	Filippín et al. 2017

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 02: Instrumento de recolección de datos

N°	Autor	Tema	Residuo orgánico	Descripción	Resultados
1	Rojas et al., 2016	Obtención y caracterización de carbón activado obtenido de lodos de plantas de tratamiento de agua residual de una industria avícola	Lodo avícola	Se evaluó la capacidad de adsorción en carbones activados, obtenidos de lodos provenientes de un matadero de aves de la localidad. El precursor se activó con H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> . Se pirolizó a 450°C por 2 h, en atmósfera N <sub>2</sub> a un flujo de 50 mL/min. Se evaluó la capacidad adsorptiva de los carbones activados obtenidos, utilizando la técnica del índice de azul de metileno (AM).	El C35 obtuvo mayor adsorción de colorante 88.44% de remoción y 43.48 mg de AM/g de C35. El DARG60 presentó 86.43% de remoción del AM. El contenido de carbono en el carbón obtenido aumentó en relación con el lodo avícola precursor.
2	Ensuncho et al., 2015	Adsorción del colorante amarillo anaranjado en solución acuosa utilizando carbones activados obtenidos a partir de desechos agrícolas	Tusas de maíz	Los carbones se caracterizaron mediante espectroscopía infrarroja, difracción de rayos X y microscopía electrónica de barrido, obteniéndose resultados típicos de materiales carbonosos. El área superficial del carbón activo, se determinó mediante isotermas de nitrógeno.	Obtuvo carbones activos con áreas superficiales de 458 m <sup>2</sup> /g para carbón cáscara de coco, 373 m <sup>2</sup> /g para el carbón tusa de maíz y 234 m <sup>2</sup> /g para carbón cascarilla de arroz y unas áreas de microporo de 283 m <sup>2</sup> /g, 228 m <sup>2</sup> /g y 127 m <sup>2</sup> /g, respectivamente.
3	López et al., 2017	Remoción de azul de metileno de soluciones acuosas utilizando cáscara de yuca ( <i>Manihot esculenta</i> ) modificada con ácido fosfórico	Cáscara de yuca ( <i>Manihot esculenta</i> )	Se utilizó una metodología experimental variando la temperatura de modificación de la cáscara de yuca (113°C a 127°C), la relación biomasa - ácido fosfórico (1:0.5 a 1:1.5) y la concentración inicial del colorante (100 a 800 mg/L), utilizando como variables de respuesta el porcentaje de remoción y la capacidad de adsorción.	La capacidad de adsorción se favorece a concentraciones altas de colorante. El porcentaje de remoción como para la capacidad de adsorción, los cuales fueron de 99.984% y 79.975 mg/g, respectivamente.

4	Cruz et al., 2013 p. 17-25	Producción y caracterización de carbones activados a partir de residuos agroindustriales	Cáscara de la vaina de <i>Theobroma cacao</i> y cáscara de <i>Coffea arabica</i> .	Los carbones activados fueron caracterizados como rendimiento (%), análisis elemental (%), área superficial de BET (Brunauer–Emmett–Teller, SBET) en m <sup>2</sup> /g, área superficial en la región microporosa en m <sup>2</sup> /g y área superficial en la región mesoporosa en m <sup>2</sup> /g. Se aplicaron también análisis de microscopía y test de adsorción de azul de metileno.	Se obtuvieron carbones con alta área superficial de BET de entre 892 y 1180 m <sup>2</sup> /g, y predominante área superficial en la región microporosa. Todas las muestras de carbones activados analizados, presentaron capacidad de remoción de azul de metileno, llegando a remociones de casi el 100 %.
5	Ramirez et al., 2016	Preparación de carbón activado a partir de residuos de palma de aceite y su aplicación para la remoción de colorantes	Palma de aceite fibra y cascara	La producción de carbón activado a partir de la biomasa residual generada en la producción de palma de aceite, fibra (F) y cáscara (C). Se realizó activación química con ZnCl <sub>2</sub> y se evaluó la capacidad de remoción de azul de metileno (AM) para diferentes concentraciones (50, 100 y 150 mg/L).	Los resultados mostraron áreas superficiales de 853.3 m <sup>2</sup> /g para la fibra activada (FA) y 575.1 m <sup>2</sup> /g para la cáscara activada (CA). Las capacidades máximas de adsorción fueron 763.4 y 724.6 mg/g para FA y CA respectivamente.
6	Castellar et al., 2019	Equilibrio, cinética y termodinámica de la adsorción del colorante DB-86 sobre carbón activado de la cáscara de yuca	Cáscara de yuca	La metodología experimental consistió inicialmente en la preparación del carbón activado por activación química de la cáscara de yuca con H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> y su posterior calcinación a 530°C. En la caracterización se determinaron las propiedades de textura mediante el índice de yodo e índice de azul de metileno.	La máxima capacidad obtenida fue 6.1 mg/g para el CAY y de 3.7 mg/g para el CAM. Los cálculos termodinámicos indican que la remoción es espontánea y para ambos carbones.
7	Manals et al., 2016 p. 117-129	Aplicación de carbón activado de cascarón de coco en adsorción de especies metálicas contenidas en el licor de desecho (WL) de la lixiviación ácida de mineral laterítico	Cascarón de coco	Los experimentos se realizaron a escala de laboratorio en reactores batch con agitación magnética, a las condiciones siguientes: velocidad de agitación de 200 rpm, temperatura 21°C, tiempo de contacto 20, 40 y 60 min.	se alcanzaron porcentajes de adsorción de níquel de hasta 39,5 % y capacidad de adsorción de Ni (II) de 1,125 mg/g de carbón activado granular (CAG). La adsorción de Co (II) fue de hasta 48,9 % y la capacidad de adsorción del carbón de 0,24 mg/g de CAG.

8	Bello et al., 2015 p. 22-26	Fabricación de carbón activado granular a partir de dos residuos agrícolas	Cáscaras de nuez de pecan (NP) y de castilla (NC) así como de huesos de capulín (HC)	Se utilizó ácido fosfórico a distintas relaciones de activación y se midió la capacidad de adsorción de azul de metileno (AM) y fenol (F). Los CAG con más altos rendimientos y mayores capacidades de adsorción se obtuvieron con R=2. La isoterma de Langmuir ajusto los datos experimentales del equilibrio de adsorción.	Las máximas capacidades de los CAG para adsorber AM aumentaron en el orden siguiente: NC-CAG (170 mg/g) < HC-CAG (322 mg/g) < NP-CAG (400 mg/g). La capacidad del NP-GAC se encuentra dentro de los valores más altos reportados en la literatura..
9	Torres et al., 2020	Preparación de carbón activado a partir de residuos de Zea mays para eliminar tartrazina	Zea mays	Se realizaron pruebas cinéticas de sorción para evaluar la capacidad de remoción del colorante tartrazina de medio acuoso	Los resultados experimentales obtenidos demostraron que los materiales preparados a partir de olote de maíz son capaces de remover el colorante tartrazina de medio acuoso, presentando una superficie alcalina y heterogénea.
10	Albis et al., 2019 p. 33-39	Remoción de Mercurio (II) en solución acuosa usando residuo industrial de yuca ( <i>Manihot esculenta</i> )	Yuca ( <i>Manihot esculenta</i> )	Se estudió la remoción de mercurio (II) en solución acuosa usando residuo industrial de yuca teniendo en cuenta variables como el pH y la concentración inicial del metal. El material adsorbente fue pretratado y caracterizado	La capacidad máxima de remoción que se obtuvo fue de 0.03 mmol/g a una concentración inicial de mercurio (II) de 400 mg/L y a un pH de 6. Adicionalmente, se obtuvo que la adsorción de este metal a pH de 4.75 y 6 se ajusta de manera adecuada al modelo de adsorción de Langmuir.
11	Penedo et al., 2015, p.73-91	Adsorción de níquel y cobalto sobre carbón activado de cascarón de coco	Cascarón de coco	Los experimentos se realizaron con el objetivo de obtener la capacidad de adsorción y el porcentaje de adsorción, aplicando un diseño factorial 2 <sup>3</sup> , considerando como efectos principales la concentración inicial de la solución, pH y dosis de adsorbente.	La capacidad de adsorción de Co(II) alcanzó valores entre 0.70 y 9.94 mg/g; para Ni(II) alcanzó valores entre 2.62 y 98.21mg/g. La concentración inicial de la solución y dosis de adsorbente tuvieron influencia significativa en la capacidad de adsorción.

12	Nasyrov et al., 2019	Purificación por sorción de aguas residuales galvánicas de iones de hierro (III), cobre (II), cromo (VI) y zinc (II) utilizando productos sólidos modificados de pirólisis de desechos que contienen carbono.	Lodo residual	Se evaluó la capacidad de adsorción en carbones activados, obtenidos de lodos por pirolisis, utilizando la técnica del índice de azul de metileno (AM).	El carbón activado mostró propiedades de sorción a iones de metales pesados, con respecto a los iones de hierro, el grado de sorción fue de 99.8%, para él los iones de metales pesados investigados restantes oscilaron entre 35,4 y 77,6%.
13	Rojas et al., 2020	Adsorción de amoniaco en carbón activado de <i>Pinus tropicalis</i> de Pinar del Río	Aserrín ( <i>Pinus tropicalis</i> )	Para la caracterización de los carbones, se determinó la influencia de la concentración del ácido, relación de impregnación y temperatura de activación en el desarrollo de la estructura porosa medida por la técnica de yodo. A	Para una concentración del ácido de 40 %, temperatura de activación de 500 °C y una relación de impregnación de 2, se obtuvieron los mejores resultados en valores de índice de yodo y adsorción de vapores de amoniaco.
14	Filippín et al., 2017	Obtención y caracterización de carbón activado a partir de residuos olivícolas y oleícolas por activación física	Hueso de aceituna	La obtención de los carbones activados se realizó en dos etapas, carbonización y activación. La carbonización se llevó a cabo en atmósfera inerte a 600 °C y el proceso de activación consistió en una pirolisis a diferentes temperaturas con dióxido de carbono o aire como activantes. Se caracterizaron mediante determinaciones de rendimiento en base seca (YC), Microscopia de Barrido Electrónico (MEB), Microsonda Electrónica (EDS), Área Superficial Especifica (BET) y determinación de índice de yodo.	Los carbones activados que presentan mejores valores en los parámetros analizados el Índice de yodo, superficie específica, tamaño de poro. El hueso de aceituna obtuvo los mejores resultados.

15	Jiménez et al., 2017	Síntesis de carbón activado a partir de epicarpio de <i>attalea macrolepis</i> y su aplicación en la remoción de pb2+ en soluciones acuosas	Epicarpio de <i>Attalea macrolepis</i>	Se evaluaron como parámetros influyentes en el proceso de adsorción. Por otro lado, se evaluó el mecanismo de adsorción de los iones de plomo sobre el carbón activado usando los modelos de Langmuir, Freundlich y Dubinin-Radushkevich. Mediante espectroscopía infrarroja con transformada de Fourier en el material adsorbente.	Los resultados muestran una capacidad máxima de adsorción de 0.500 mg/g. La energía de adsorción calculada a partir del modelo de Dubinin Radushkevich fue de 10.42 KJ/mol, este valor energético permite inferir que en el Pb2+ ocurre una adsorción química.
16	Acevedo et al., 2015	Caracterización textural y química de carbones activados preparados a partir de cuesco de palma africana ( <i>Elaeis guineensis</i> ) por activación química con CaCl2 y MgCl2	Cuesco de palma africana ( <i>Elaeis guineensis</i> )	Se obtuvieron carbones activados mediante activación química de cuesco de palma africana ( <i>Elaeis Guineensis</i> ) con soluciones de cloruro de magnesio y cloruro de calcio a diferentes concentraciones. Los materiales preparados se caracterizaron textural y químicamente.	Los carbones activados obtenidos presentan áreas superficiales y volúmenes de poro con valores entre 10 y 501 m2 /g y 0,01 y 0,29 cm3 /g respectivamente. Los valores de las entalpías de inmersión de los sólidos en agua se encuentran entre -14,3 y -32,8 J/g y en benceno entre -13,9 y -38,6 J/g.
17	Hernández et al., 2017	Adsorción de Ni(II) en carbón activado de conchas de coco modificado con soluciones de Ácido Nítrico	Conchas de coco	La caracterización de los materiales adsorbentes evidenció que el proceso de modificación incrementa los grupos superficiales ácidos conforme con el aumento de la concentración de ácido nítrico empleada en el tratamiento, mientras que las pruebas de equilibrio de adsorción realizadas con soluciones de concentraciones entre 0,5 y 3,5 g/L de la especie metálica reflejaron que el proceso es descrito por el modelo de Freundlich.	Se demuestra que la capacidad de adsorción de los iones de níquel (II) en pH de 1,2 y 6,9 unidades, provoca un aumento de la capacidad de adsorción y porcentajes de remoción del níquel (II).

18	Colpas et al., 2016	Adsorción de Mercurio Utilizando Carbones Activados Modificados con Peróxido de Hidrogeno y Calentamiento	Zuro de maíz	Se carbonizó el material a 400°C durante una hora en atmosfera de nitrógeno. Posteriormente el carbonizado es activado químicamente y modificado mediante oxidación con peróxido de hidrogeno y posterior calentamiento a una temperatura de 600°C. Los carbones obtenidos fueron caracterizados texturalmente mediante el método BET y se determina la acidez y basicidad en la matriz carbonacea por el método Boehm.	La máxima capacidad de adsorción de mercurio fue de 5.24 mg de Hg <sup>2+</sup> /g de carbón. La modificación con peróxido de hidrogeno incrementó el área superficial de los carbones activo de 527.9 m <sup>2</sup> /g a 663.8 m <sup>2</sup> /g.
19	Aguirre, 2017	Adsorción de metales pesados (Pb y As) con carbón activado a partir de semillas de eucalipto ( <i>Eucalyptus globulus</i> )	Semillas de eucalipto ( <i>Eucalyptus globulus</i> )	La metodología utilizada fue primero la elaboración de carbón activado por activación química usando como precursor, semillas de eucalipto y como agentes activantes ácido fosfórico (H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> ) para la adsorción de plomo y cloruro férrico (FeCl <sub>3</sub> ) para la adsorción de arsénico y finalmente se estudió la capacidad de adsorción.	Se obtuvieron carbones activados con capacidad de adsorción de metales pesados como Pb(II) y As(V); removiendo el 98,7 % 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 tendiente a acido de 4,97 y 5,6.
20	Zevallos, 2018	Obtención de carbón activado a partir de residuos orgánicos de <i>Gypsophila elegans</i> ( ilusión) del distrito de cayma y su evaluación como adsorbente de plomo (ii) en solución acuosa	<i>Gypsophila elegans</i> (Ilusión)	El precursor fue evaluado en parámetros de humedad, volátiles, carbono fijo y cenizas; por métodos gravimétricos. Posteriormente los tallos fueron cortados y colocados en una mufla a 250 ° C por 5 minutos; el carbón obtenido, fue activado con solución de hidróxido de potasio a temperaturas de 450, 500 y 550 ° C durante periodos de 30, 60 y 90 minutos, obteniéndose nueve muestras en las que se evaluó su capacidad de adsorción de azul de metileno por espectrofotometría visible.	El mayor porcentaje de adsorción fue de 99,53 % y 98,68 %, en cuanto a la capacidad de adsorción de plomo, en soluciones preparadas y por el método de adsorción atómica; los mejores resultados se obtuvieron para el carbón con código C8 un porcentaje de adsorción de plomo de 97,64% y 97,84%

21	Obregón, 2016	Comparación de los distintos tratamientos para la obtención de carbón activado a nivel laboratorio a partir del endocarpio del coco ( <i>Cocos nucifera</i> ), con base en el índice de yodo	Endocarpio del coco ( <i>Cocos nucifera</i> )	Se realizó un análisis termogravimétrico del endocarpio de coco en un módulo TGA 1 SF/1100/255 de Metter Toledo y se encontró que dicha materia contiene carbón puro, celulosa, hemicelulosa y lignina. Luego activación química y por último, se hizo la evaluación del índice de yodo. Mediante este parámetro se determinó que la capacidad de adsorción de los carbones activados.	Al comparar el índice de yodo del carbón activado comercial marca Merck con el resto de carbones activados se encontró que el valor más cercano al carbón comercial fue el carbón activado con ácido sulfúrico a una temperatura de 750 °C.
22	Murrieta, 2019	Evaluación de la capacidad de adsorción del carbón activado mediante cáscara de naranja ( <i>Citrus Cinensis</i> ) para la remoción de iones de Arsénico en aguas residuales industriales	Cáscara de naranja ( <i>Citrus Cinensis</i> )	Evaluación de revisión de estudios acerca del aprovechamiento de residuos orgánicos de frutas, pero entre ellas la principal es sobre la cáscara de naranja ( <i>Citrus Cinensis</i> ) y su potencial uso como materia prima para la obtención de carbón activado. La biomasa lignocelulósicas de naranja genera un alto contenido de compuestos orgánicos y bajos para el contenido de ceniza, pero como características sumamente son aprovechables a la hora de someter como a un mecanismo de activación química.	Para concluir, la evaluación de los trabajos analizados da significancia que las biomásas lignocelulósicas de naranja son muy útiles para la síntesis de carbón activado, asimismo teniendo mayor porcentaje de adsorción en los metales según variables que se pueda encontrar en los estudios mencionados.