

Determinación de los beneficios del carbón activado obtenido de bambú

Determination of the benefits of bamboo-derived activated carbon

Claudia Verónica Ortez-Morán

Máster en Gestión Integrada

Docente investigadora, Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Universidad Católica de El Salvador, El Salvador

Email: claudia.ortez@catolica.edu.sv

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6270-9064>

DOI:

Fecha de recibido: 12-12-2022 Fecha de aceptación: 19-05-2023

Resumen

Esta investigación tuvo como objetivo principal identificar los beneficios del carbón activado obtenido de bambú. Se determinaron las ventajas y desventajas que presenta el uso del bambú como precursor de carbón activado, y se identificaron las principales especies de bambú que se cultivan actualmente en El Salvador.

El estudio se realizó a través de una investigación documental cualitativa; y para la obtención de información, se aplicó la técnica de revisión bibliográfica en repositorios académicos, utilizando una ficha de registro para recopilar la información. Se determinó que el carbón activado de bambú es un producto con diversos beneficios que pueden aprovecharse para diversas aplicaciones: desde adsorbente de contaminantes líquidos y gaseosos hasta aplicaciones médicas, farmacéuticas y cosméticas.

De acuerdo a la investigación realizada, en El Salvador existen alrededor de diecisiete especies de bambú, las cuales se utilizan para diversos propósitos, según información del Ministerio de Agricultura y Ganadería de El Salvador (MAG). Sin embargo, no se tiene información documentada sobre la producción de carbón activado en El Salvador a partir de bambú, ni se han documentado investigaciones sobre el potencial uso de bambú como precursor para carbón activado hasta la fecha, lo cual representa una oportunidad de investigación.

Palabras clave: Carbón activado, carbón activado de bambú, beneficios del carbón activado, especies de bambú en El Salvador.

Abstract

The main objective of this research was to identify the benefits of activated carbon obtained from bamboo. The advantages and disadvantages of using bamboo as a precursor for activated carbon were determined, and the main bamboo species currently cultivated in El Salvador were identified.

The study was conducted through qualitative documentary research. To obtain information, the technique of bibliographic review in academic repositories was applied, using a registration form to collect information. It was determined that bamboo-derived activated carbon is a product with various benefits that can be utilized for diverse applications, ranging from the adsorption of liquid and gaseous contaminants to medical, pharmaceutical, and cosmetic applications.

According to the conducted research, there are approximately seventeen bamboo species in El Salvador, used for various purposes, according to information from the Ministry of Agriculture and Livestock of El Salvador (MAG). However, there is no documented information on the production of activated carbon in El Salvador from bamboo, nor have there been documented studies on the potential use of bamboo as a precursor for activated carbon to date, representing a research opportunity.

Keywords: Activated carbon, bamboo-derived activated carbon, benefits of activated carbon, bamboo species in El Salvador.

1. Introducción

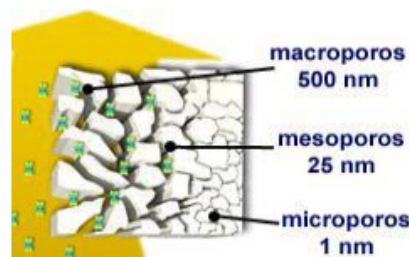
El carbón activado es un compuesto conformado por una serie de carbones porosos, los cuales son sujetos a procesos de activación, a través de procesos de elevada temperatura en un espacio hermético (libre de oxígeno) para que el carbono no entre en combustión; y que así se pueda mostrar un elevado grado de porosidad y una alta superficie en el interior (Chau, 2020, p. 11).

El carbón activado tiene una estructura molecular parecida a la del grafito. Esto da una distribución de poros bien determinada. De acuerdo con su tamaño, los poros del carbón activado se dividen en tres:

- Microporos
- Poros medios o mesoporos
- Macroporos

Figura 1

Representación de los poros de un carbón y clasificación de poros según el tamaño de su partícula



Fuente. Navarrete, 2014, p. 39.

La distribución del tamaño de los poros en el carbón activado depende de tres factores fundamentales, los cuales son: La materia prima, el proceso de activación y la duración del proceso.

Los carbones activados, según el tamaño de sus partículas, pueden clasificarse en carbón activado en polvo (CAP) y carbón activado granular (CAG)¹. Los CAP tienen tamaños menores a 100 μm , los tamaños típicos fluctúan entre 15 y 25 μm . Los CAG tienen un tamaño entre 1 y 5 mm.

Los carbones sin forma se obtienen por molienda, tamizado y clasificación de trozos más

grandes. Los carbones conformados se pueden obtener por extrusión de carbón en polvo luego de ser mezclado con diferentes tipos de aglomerantes. Existen otras formas de carbón, como las fibras, las telas y los filtros de carbón activado; las membranas de carbón, etc. (Navarrete, 2014, p. 40).

Vera-Raza (2022) menciona que el carbón activado consta de su estructura microporosa, gracias a la superficie específica, la cual es una característica que se aplica en sólidos con granos o partículas, tales como el carbón activado. Esta medida es relevante, ya que en ella se desarrollan muchos procesos físicos

1. Dentro del documento, la autora utilizará los acrónimos para referirse a estos elementos.

y químicos de este tipo de materiales. Esta superficie facilita la formación de partículas gracias a la presencia de grupos carboxílicos, fenólicos, cetonas, quinonas, hidroquinonas y aldehídos; que le dan al carbón activado la particularidad de material adsorbente. La presencia de estos grupos ácidos en la superficie específica del carbón activado puede elevarse con la adición de soluciones de ácido nítrico o fosfórico (p. 124).

Las propiedades del carbón activado dependen del material a partir de cual se obtuvo, y su estructura será distinta en función de la materia prima que lo generó. Eso indicaría que, a partir de diferentes residuos lignocelulósicos, se pueden obtener carbones activos con diversas cualidades. La capacidad de remoción del carbón activado está influenciada por la superficie activa, debido a su elevado y variado grado de porosidad; sin embargo, un aspecto influyente en el proceso de adsorción lo constituye la química superficial del material adsorbente (Vera Raza 2022, p. 125).

El carbón activado (CA) tiene diversas aplicaciones, ya que su porosidad, su gran área superficial y su reactividad generan un alto poder adsorbente; esas características dependen de la materia prima utilizada para obtenerlo y de la activación a la que fue sometido. El CA se obtiene por carbonización de materiales orgánicos, especialmente de origen vegetal que se someten a un proceso de activación con el objeto de aumentar su porosidad y desarrollar su superficie interna (López, 2021, p. 41).

La producción de carbón depende, entre otros aspectos, de la disponibilidad, la calidad y los costos de la materia prima; parámetros que de acuerdo a las propiedades intrínsecas del precursor determinan las propiedades físicas y químicas del carbón resultante (Prías-Barragán, 2015, p. 445).

El bambú es un material lignocelulósico muy abundante en la naturaleza. Las aplicaciones del bambú son muy diversas: van desde el área de construcción hasta aplicaciones energéticas, usándolo como biomasa, por ejemplo. Al ser un material compuesto por celulosa, hemicelulosa y lignina - abundante, de rápido crecimiento y de bajo costo - se convierte en un ideal precursor para la producción de carbón activado (Andrade, 2016, p. xvii).

El bambú constituye una alternativa sustentable de la madera, ya que requiere únicamente cinco años para ser aprovechado (aprovechamiento de recursos forestales maderables 20-40 años). El bambú es la materia prima para la elaboración de múltiples productos como: artesanías, muebles, estructuras, carbón vegetal, entre otros (Orozco, 2020, p. 2).

2. Desarrollo

La investigación de tipo documental cualitativa se orientó a determinar los beneficios del carbón activado obtenido de bambú, para lo cual se revisaron repositorios académicos, en los cuales se buscó información sobre los beneficios del carbón activado de bambú, ventajas y/o desventajas del uso de carbón activado

de bambú; y se identificaron las principales especies de bambú cultivables en El Salvador. Para recolectar la información se utilizó una ficha de registro.

Se ha observado que el uso de biomasa proveniente de los residuos forestales se encuentra en constante aumento, para ser usada como combustible o materia prima para la producción de carbón activado, especialmente en países que cuentan con gran disponibilidad en el bioma de recursos forestales.

Casi todos los materiales que poseen alto contenido de carbono tienen potencial para ser activados. Las materias primas más utilizadas son el carbón (antracita, bituminoso y lignito), cáscaras de coco, turba, madera (de densidad baja como alta) y los residuos derivados del petróleo (Ortiz, 2019, p. 30).

En particular, el uso de desechos de bambú como materia prima en la producción de carbón activado permite posibles aplicaciones en el tratamiento de efluentes líquidos de actividades del sector minero e industrial; además de la remoción de metales por el proceso de adsorción. El carbón activado de bambú aparece como una alternativa a los precursores tradicionales, debido al rápido crecimiento del bambú, la abundante materia prima y el bajo costo de este material.

El uso de carbón activado como adsorbente de contaminantes líquidos y gaseosos se debe a sus propiedades texturales y a la naturaleza química de su superficie; responsable de su gran capacidad de adsorción.

Al utilizar el bambú como materia prima de carbón activado, se evita la extracción y quema de madera, como es el caso de forma tradicional, lo cual genera el valor agregado de evitar la tala indiscriminada de árboles y la deforestación; al mismo tiempo que se aprovecha el bambú, como un recurso ya disponible en la naturaleza y aprovechable para la elaboración de carbón activado (García, 2021, p. 7).

Dentro de los beneficios del carbón activado de bambú es relevante mencionar que, gracias a su gran capacidad adsorbente, es capaz de retener contaminantes en el agua y el aire; por lo cual se utiliza para potabilización de agua y para la purificación y desodorización del aire, así como también en aplicaciones industriales que requieren sustancias adsorbentes como refinación de azúcar, decoloración de aceites vegetales, decoloración y desodorización de bebidas alcohólicas en aplicaciones farmacéuticas y cosméticas, entre otros (Sánchez, 2018, p. 20).

En la agricultura, el carbón activado controla el crecimiento de microorganismos en el suelo y complementa la nutrición orgánica en los cultivos. El carbón de bambú puede fortalecer la vitalidad del suelo, ya que se considera un buen modificador de suelo. En la industria química, el carbón de bambú se puede utilizar como materia prima para el carbón activado. Gracias a la estructura especial de microporos del bambú tiene una gran capacidad de absorción después de la carbonización. El carbón de bambú también tiene muchos usos en medicina y cuidado de la salud. Las almohadas y

el colchón de cama hechos de carbón de bambú tienen efectos para aliviar la tensión en las personas y eliminar el dolor de espalda; también se puede usar como desodorante y agente antibacteriano (Cubillos, 2019, p. 32).

Al realizar la revisión documental sobre desventajas del uso de bambú como precursor de carbón activado, no se encontró ninguna desventaja documentada.

A nivel mundial, las investigaciones en torno al aprovechamiento del bambú se encuentran lideradas por países asiáticos, especialmente en la República Popular de China, donde utilizan el bambú para conformar avances técnicos, tecnológicos, y de esta manera innovar en este campo. En cambio, en Latinoamérica se ha incurrido muy poco en la utilización del bambú en procesos de investigación (Vejarano, 2021, p. 22-23).

En un estudio realizado por Prieto (2021), se determinó experimentalmente que el carbón activado obtenido de bambú presentó los mayores índices de azul de metileno y de yodo, utilizados para demostrar la capacidad de adsorción. Por lo tanto, en comparación con bagazo de caña y marabú (planta), que también se analizaron en dicho estudio, el bambú demostró mayor capacidad de adsorción (p. 27).

En el estudio realizado por González-García (2013), se utilizaron las especies de bambú *Guadua angustifolia* y *Bambusa vulgaris striata*, para la elaboración de carbón activado por medio de activación química. En una

revisión realizada por Lamaming (2022), menciona que, en experimentos realizados, se utilizaron las especies de bambú Moso y Ma, originarias de China, al igual que *Bambusa vulgaris striata*, para elaborar carbón activado por métodos químicos. En otra investigación desarrollada por Ma (2019), se utilizó la especie de bambú Moso para producir carbón activado. Una de las especies de bambú más utilizadas para elaborar carbón activado en estudios realizados por Quintero (2014), Prías-Barragán (2015), Andrade (2016), Sánchez (2018), Chau (2020) y Orozco (2020), es *Guadua angustifolia Kunth*. Por otra parte, Cubillos (2019) y Vejarano (2021) evaluaron la obtención de carbón activado de la especie de bambú *Chusquea Scandens Kunth*.

En los estudios anteriormente mencionados, se resalta la alta capacidad de adsorción del carbón activado obtenido de bambú, después de someterlo a pruebas de laboratorio para caracterizarlos, donde se han medido valores experimentales de parámetros como índice de yodo, índice de azul de metileno, porcentaje de humedad, porcentaje de ceniza y porcentaje de carbón fijo, entre otros; las cuales permitieron concluir en los resultados favorables, respecto al uso de bambú como precursor para carbón activado.

Vera-Raza (2022) realizó una revisión sobre residuos lignocelulósicos y método de producción de carbón activado, dentro de los que se incluye al bambú como precursor (p. 126).

Tabla 1

Datos de caracterización fisicoquímica del carbón activado obtenido de varias materias primas

Autores	Porcentaje de Humedad	Porcentaje de compuestos volátiles	Porcentaje de cenizas	Porcentaje de carbón fijo	Precursor
Asimbaya (2015)	9.69%	78.55%	1.38%	10.38%	Laurel
	8.21%	85.74%	0.16%	8.21%	Canelo
	5.69%	86.11%	0.25%	5.69%	Eucalipto
Velázquez (2010)	Base seca	73.88%	1.64%	24.65%	Bambú (<i>Bambusa vulgaris</i>)
Sánchez (2018)	26.7%	18.13%	31.99%	62.92%	Bambú (<i>Guadua angustifolia kunth</i>)
Díaz (2002)	7.425	67.42%	2.61%	29.97%	Cuesco de palma africana
Rodríguez (2020)	15.8%	75.6%	4.94%	21.06%	Yuyo de papa
Solís (2012)	9.33%		0.9%		Cascarilla de café
	7.15%		4.5%		Cáscara de naranja
	6.9%		13%		Bagazo de caña de azúcar

Fuente. Tomado de “Residuos lignocelulósicos y método de producción del carbón activado de Residuos lignocelulósicos y método de producción del carbón activado”, (p. 122-130), por Vera-Raza, Mero-Intriago, Burgos-Briones & Cevallos-Cedeño, 2022, *Revista Minerva*, 1, (87).

De los parámetros mostrados en la Tabla 1, es importante resaltar el porcentaje de carbón fijo y el porcentaje de compuestos volátiles. El carbono fijo está relacionado con el contenido de lignina (Filippín, 2017, p. 64). La literatura existente relaciona el elevado contenido

de lignina en los precursores de los carbones activados con la distribución en los mismos de meso y macroporosidad.

La relación entre los porcentajes de material volátil y carbono fijo de la biomasa residual indica la facilidad con la cual se produce la ignición; es decir cuando mayores son los valores registrados en estos parámetros, menor es tiempo de residencia hasta combustión completa. (Filippín, 2017, p. 68)

Por otra parte, el carbón activado actualmente en el país tiene un uso más difundido en operaciones de recuperación en la industria de bebidas, y en temas de purificación como adsorbente. Sin embargo, la oferta nacional en lo referente a la fabricación es escasa; principalmente porque, la obtención de materia prima y los costos del proceso de pirólisis y activación, hacen necesaria una producción a gran escala. Es decir, el proceso presentará rentabilidad si la producción es a un volumen que permita recuperar costos y obtener ganancias (FUSADES, 2021, p. 3).

El carbón activado en El Salvador se distribuye a través de varias empresas como parte de filtros para procesos de purificación y otras aplicaciones industriales. Además, varios emprendimientos lo utilizan en cosmética y medicina natural.

El bambú en El Salvador

En El Salvador existe el programa Nacional del Bambú, creado por Acuerdo Ejecutivo en el Ramo de Agricultura y Ganadería en el año 1995, con el objetivo de producir las diferentes especies y fomento del cultivo de bambú, venta, brindar asistencia técnica y capacitaciones. A través de este programa, se promueve la multiplicación de las especies de bambú existentes en El Salvador (Boletín División de Recursos Forestales, MAG, s.f., p. 14).

El programa Nacional del bambú ha identificado el siguiente listado de especies de bambú en El Salvador, en el cual también se han reconocido los usos de cada una:

Figura 2
Especies de bambú en El Salvador

No.	Nombre común	Nombre científico	Usos
1	Bambú amarillo	<i>Bambusa vulgaris</i>	Muy utilizado para el control de la erosión en cárcavas, para estructuras provisionales como ramadas, para tutores en la agricultura, entre otros.
2	Bambú para tejidos	<i>Gigantochloa verticillata</i>	Muy utilizado para mueblería, extracción de fibras para tejidos y artesanías en general.

No.	Nombre común	Nombre científico	Uso
3	Bambú para setos	<i>Phyllostachys aurea</i>	Brotos tiernos comestibles; setos vivos, obras de conservación de suelos, instrumentos de música y artesanías variadas, entre otros.
4	Bambú para setos	<i>Phyllostachys makinoii</i>	Brotos tiernos comestibles; setos vivos, mueblería, instrumentos de música y artesanías variadas, entre otros.
5	Bambú peludo	<i>Gigantochloa apus</i>	Material para muebles, tutores para agricultura, techos y artesanías varias, entre otros.
6	Bambú sólido	<i>Dendrocalamus strictus</i>	Material para andamios, techos escaleras, muebles, piezas pequeñas torneadas, leña, carbón, entre otros.
7	Bambú verde	<i>Bambusa ventricosa</i>	Tutores para agricultura, cortinas rompevientos, estructuras provisionales como ramadas, entre otros.
8	Bambú verde, ramificado	<i>Bambusa tulda</i>	Muy utilizado para estructuras de techos, para tutores en agricultura, postes de cerco, entre otros.
9	Bicolor	<i>Bambusa longispiculata</i>	Instrumentos musicales, techos, tutores para agricultura, cortinas rompe vientos y artesanía variada.
10	Brasil	<i>Bambusa dolichocladia</i>	Artesanías variadas como artículos para oficinas, artículos decorativos, para techos, fachadas y tutores para agricultura, entre otros.
11	Brasil	<i>Bambusa tuldoidea</i>	Para tutores en agricultura, para techos, ramadas, artesanías, para cortinas rompe vientos, entre otros.
12	Colombiano, tarro, con espinas	<i>Guadua angustifolia</i>	Para todo tipo de usos, entre los cuales se destaca para la construcción en general y artesanías variadas, entre otros.
13	Comestible	<i>Bambusa oldhamii</i>	Brotos tiernos comestibles; tutores para agricultura, cortinas rompe vientos y artesanías variadas.
14	Comestible Gigante	<i>Dendrocalamus latiflorus</i>	Brotos tiernos comestibles, hojas para arte culinario y decorativos, material para construcción, artesanías, entre otros.
15	Construcción, tarro Gigante	<i>Dendrocalamus asper</i>	Construcción de estructuras ganaderas, agrícolas, habitacionales, artesanías en general, entre otros.

No.	Nombre común	Nombre científico	Uso
16	Enano	<i>Bambusa Textilis</i>	Setos vivos decorativos, obras de conservación de suelos, artesanías varias.
17	Semisólido	<i>Guadua inermis</i>	Postes para cercos, para mueblería, en la construcción, ente otros.

Nota. Tomado de “Identificación y caracterización de especies de bambú (F. Poaceae – Sub F. Bambusoideae) en el departamento de San Vicente, El Salvador, 2019” (p. 63-64), por Zometa, Ayala & García, 2021, Tesis de pregrado.

Según Zometa (2021), el Ministerio de Agricultura y Ganadería de El Salvador establece que la especie *Bambusa Vulgaris*, mejor conocida como bambú amarillo, es considerada la especie más abundante en El Salvador (p. 25). De las especies de bambú utilizadas a nivel internacional, como precursores de carbón activado, cuyos estudios han sido revisados en esta investigación, solo la *Bambusa vulgaris* y la *Guadua angustifolia*, se han identificado en El Salvador.

No se encontraron datos publicados sobre el uso de bambú para la producción de carbón activado en El Salvador.

3. Conclusiones

El carbón activado de bambú es un material que presenta diversos beneficios, lo cual permite su uso en diferentes aplicaciones. Por ejemplo, la capacidad de adsorber olores y partículas en gases y aguas contaminadas; decoloración y refinación de bebidas alcohólicas, aceites vegetales, azúcar, productos farmacéuticos y cosméticos, en la extracción de metales, entre otros.

La principal ventaja del carbón activado de bambú es la estructura molecular porosa, ya que permite la adsorción de sustancias o partículas, y favorece su utilización en una amplia variedad de aplicaciones que lo requieran.

El bambú es una planta que puede cultivarse fácilmente en muchos lugares del mundo, y El Salvador no es la excepción; ya que se han identificado diecisiete especies de bambú cultivables, siendo el bambú amarillo el de mayor cultivo en El Salvador, según el Ministerio de Agricultura y Ganadería de El Salvador.

En El Salvador, actualmente el bambú se utiliza para diversas aplicaciones. Sin embargo, a la fecha no se encontró información documentada sobre su uso para elaborar carbón activado, lo cual presenta una oportunidad para continuar investigando sobre la posibilidad de elaborar carbón activado de bambú con especies cultivables en El Salvador.

4. Referencias

- Andrade, D. (2016). *Producción de carbón activado a partir de la caña guadua (Guadua Angustifolia K.) mediante activación química con hidróxido de potasio*. [Trabajo de Pregrado, Ingeniería Química] Escuela Politécnica Nacional. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/13009>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) (s.f.). *Boletín División de Recursos Forestales*. http://forestal.mag.gob.sv/phocadownload/boletin%20drf_reducido.pdf
- Chau, M. & Vásquez, L. (2020). *Utilización del carbón activado a partir del Bambú (Guadua Angustifolia Kunth), para captar arsénico de las aguas subterráneas en el distrito de Pacora*. [Trabajo de pregrado, Ingeniería Ambiental] Universidad César Vallejo. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/66679/Chau_MEG-V%c3%a1squez_PLV-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Cubillos, C. S. (2019). *Evaluación de la obtención de carbón activado a partir de bambú de la especie Chusquea Scandens Kunth por activación física* (Trabajo de grado). Fundación Universidad de América. <http://hdl.handle.net/20.500.11839/7612>
- Filippín, A. J.; Luna, N. S.; Pozzi, M. T. & Pérez, J. D. (2017). Obtención y caracterización de carbón activado a partir de residuos olivícolas y oleícolas por activación física. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 8(3), 59-71. <https://www.redalyc.org/pdf/3236/323652916007.pdf>
- García, H. & Vivar, M. (2021). *Producción de carbón activado a partir de los residuos producidos de una empresa productora de tiras de bambú en la ciudad de Durán*. [Trabajo de pregrado, Ingeniería Industrial]. Universidad Politécnica Salesiana de Ecuador. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21987/1/UPS-GT003649.pdf>
- Gonzalez-Garcia, P.; Centeno, P.; Urones-Garrote, E.; Ávila-Brandé, D. & Otero-Díaz, L. (2013) *Microstructure and surface properties of lignocellulosic-based activated carbons*. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2012.11.092>
- Lamaming, J.; Saalah, S.; Rajin, M.; Ismail, N. & Yaser, A. (2022). A Review on Bamboo as an Adsorbent for Removal of Pollutants for Wastewater Treatment. *Hindawi International Journal of Chemical Engineering*. <https://doi.org/10.1155/2022/7218759>
- López, M. I.; Soledad, B. E.; Aponte, G. M. & Delgado, J. (2021). Estudio de la capacidad adsorbente del biocarbón obtenido mediante tecnologías apropiadas como medio para purificar agua de lluvia. *Tekhné*, 24(2), 40-52. <https://revistasenlinea.saber.ucab.edu.ve/index.php/tekhne/article/view/5034>

- Ma, X.; Smith, L.; Cai, L.; Shi, S.; Li, H. & Fei, B. (2019). "Activated carbon from bamboo," *BioResources*, 14(1), 688-699. <https://doi.org/10.15376/biores.14.1.688-699>
- Navarrete, D. & Quijano-N., Vélez, C. (2014). Elaboración de carbón activado a partir de materiales no convencionales, para ser usado como medio filtrante. [Trabajo de pregrado, Ingeniería Civil] Escuela Superior Politécnica del Litoral. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/29845>
- Orozco, G. & de Lira, R. (2020). *Elaboración de biocarbón para el aprovechamiento de residuos proveniente de las podas de bambú* (*Guadua angustifolia*). *Revista Mexicana de Agroecosistemas* 7(1), 1 – 9. https://rmae.voaxaca.tecnm.mx/wp-content/uploads/2020/11/RMAE_completa_71-2020.pdf#page=9
- Ortiz-Quintero, J. N. & Puerto-Angarita, N. F. (2019). *Uso del carbón activado de guadua para el tratamiento de aguas residuales: revisión y vigilancia tecnológica*. [Trabajo de pregrado, Ingeniería Civil] Universidad Católica de Colombia. <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/23859>
- Prías-Barragán, J.; Echeverry-Montoya, N. & Ariza-Calderón, H. (2015). Fabricación y caracterización de carbón activado y de nanoplaquetas de carbón a partir de *Guadua angustifolia* Kunth para aplicaciones en electrónica. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 39(153):444-449. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.139>
- Prieto, J.; Pérez, A.; Curbelo, A.; Enríquez, M. & Mollineda, A. (2021). Adsorción de iones plomo (II) en condiciones isotérmicas utilizando carbones activados de bagazo de caña, marabú y bambú. *Centro Azúcar*, 48 (3), 21-28. http://centroazucar.uclv.edu.cu/index.php/centro_azucar/article/view/663/761
- Sánchez, C. (2018). *Caracterización de carbón activado a partir de bambú "Guadua angustifolia Kunt" utilizando el método químico*. [Trabajo de pregrado, Ingeniería Forestal]. Universidad Nacional Agraria La Molina. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3340/sanchez-montesinos-christian.pdf>
- Fundación Salvadoreña para el Desarrollo (2021). *Tecnología a base de carbón para la agroindustria y cosmética natural*. <https://fusades.org/publicaciones/TekReport%20mar2021.pdf>
- Vejarano, N. & Casas, I. (2021). *Evaluación de la viabilidad de un tratamiento de aguas por carbón activado obtenido del bambú de la especie Chusquea Scandens Kunth*. [Trabajo de pregrado, Ingeniería Química] Fundación Universidad de América. Repositorio Institucional Lumieres. <https://hdl.handle.net/20.500.11839/8664>

- Vera-Raza, B. B.; Mero-Intriago, R. A.; Burgos-Briones, G. A. & Cevallos-Cedeño, R. E. (2022). Lignocellulosic waste and activated carbon production method, *Revista Minerva*, 1 (Special), 122-130. <https://doi.org/10.47460/minerva.v1iSpecial.87>
- Vidal, M.; Rodríguez, A.; Martínez, K.; Ocampo, J. & Barrios, W. (2018). Potencial de residuos agroindustriales para la síntesis de Carbón Activado: una revisión. *Revista Scientia et Technica*, 23 (03), 411-419. <https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/17031/12981>
- Zometa, I.; Ayala, P. & García, R. (2021). *Identificación y caracterización de especies de bambú (F. Poaceae – Sub F. Bambusoideae), en el departamento de San Vicente, El Salvador*, 2019. [Trabajo de pregrado, Ingeniería Agronómica] Universidad de El Salvador. <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/25204/#:~:text=En%20total%20se%20encontraron%2012,%2C%20Guadua%2C%20Gigantochloa%20y%20Phyllostachys>