

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

Revisión de la eficiencia del carbón activado de semillas de aguaje y eucalipto en el tratamiento de aguas contaminadas por Plomo

Por:

Dely Sadit Bitón Bravo

Mili Gonzales Torres

Asesor:

Ing. Carmelino Almestar Villegas

Tarapoto, septiembre de 2020

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORIA DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

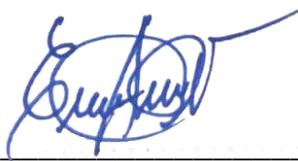
Yo, **Carmelino Almestar Villegas** de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de **Ingeniería Ambiental**, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: **“REVISIÓN DE LA EFICIENCIA DEL CARBÓN ACTIVADO DE SEMILLAS DE AGUAJE Y EUCALIPTO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS CONTAMINADAS POR PLOMO”** constituye la memoria que presentan las Bachilleres Bitón Bravo, Dely Sadit y Gonzales Torres, Mili; para aspirar al Grado Académico de Bachiller en **Ingeniería Ambiental** cuyo trabajo de investigación ha sido realizado en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente constancia en Morales, a los **10 días del mes de Septiembre** del año 2020.



Asesor

Ing. Carmelino Almestar Villegas

**Revisión de la eficiencia del carbón activado de semillas de
aguaje y eucalipto en el tratamiento de aguas contaminadas por
Plomo**

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Presentado para optar el Grado de Bachiller en Ingeniería Ambiental

JURADO CALIFICADOR



Mg. Betsabeth Teresa Padilla Macedo

Presidente



Ing. Jhon Patrick Ríos Bartra

Secretario



Ing. Carmelino Almestar Villegas

Asesor



Ing. Káttérin Jina Luz Pinedo Gómez

Vocal

Tarapoto, septiembre de 2020

Resumen

Los recursos hídricos son objeto de una incesante contaminación relacionada principalmente a la descarga de diferentes sustancias, incluidos los metales pesados que por su naturaleza son tóxicos capaces de causar graves problemas para los recursos hídricos. El presente artículo de revisión busca analizar la eficiencia del carbón activado de semillas de aguaje (*Mauritia Flexuosa*) y semillas de eucalipto (*Eucalyptus*) en el tratamiento de aguas contaminadas por Plomo, estimando los factores más influyentes en las propiedades de adsorción y remoción. Para la elaboración del artículo se recurrió a bases de datos como REDALYC, SCIEDIRECT, Repositorios de la Universidad Católica del Perú y de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno, luego se seleccionó artículos en idioma español e inglés. Obteniendo como resultado la mayor capacidad de adsorción de 74.80 mg Pb/g CA de la investigación de Sun-Kou et al. (2014) utilizando carbón activado de semillas de aguaje superando la investigación de Aguirre (2017) quien utilizó carbón activado de semillas de Eucalipto logrando una capacidad de adsorción de 49.94 mg Pb/g CA. Respecto al mejor porcentaje de remoción para el Plomo fue la investigación de Aguirre (2017) obteniendo un porcentaje de 99,88 % superando a la investigación de Sun-Kou et al. (2014) removiendo un porcentaje de 70.13 %. Concluyendo que los factores más influyentes en las propiedades de adsorción y remoción del plomo fueron: la naturaleza del precursor, la Temperatura de activación, pH de la solución, cantidad inicial del adsorbato y la temperatura en la capacidad de adsorción.

Palabras claves: Tratamiento, adsorción, remoción, Carbón activado, Semillas de Aguaje, Semillas de Eucalipto, aguas residuales.

Abstract

Water resources are subject to incessant pollution mainly related to the discharge of different substances, including heavy metals, which by their nature are toxic, capable of causing serious problems for water resources. This review article seeks to analyze the efficiency of activated carbon from aguaje seeds (*Mauritia Flexuosa*) and eucalyptus seeds (*Eucalyptus*) in the treatment of water contaminated by Lead, estimating the most influential factors in the adsorption and removal properties. For the elaboration of the article, databases such as REDALYC, SCIENCE DIRECT, Repositories of the Catholic University of Peru and the National University of the Altiplano - Puno were used, then articles in Spanish and English were selected. As a result, obtaining the highest adsorption capacity of 74.80 mg Pb / g CA from the research of Sun-Kou et al. (2014) using activated carbon from aguaje seeds, surpassing the research of Aguirre (2017) who used activated carbon from Eucalyptus seeds achieving an adsorption capacity of 49.94 mg Pb / g CA. Regarding the best removal percentage for Lead, it was the research by Aguirre (2017), obtaining a percentage of 99.88%, surpassing the research by Sun-Kou et al. (2014) removing a percentage of 70.13%. Concluding that the most influential factors in the adsorption and removal properties of lead were: the nature of the precursor, the activation temperature, the pH of the solution, the initial amount of the adsorbate and the temperature in the adsorption capacity.

Key words: Treatment, adsorption, removal, Activated carbon, Aguaje seeds, Eucalyptus seeds, wastewater.

1. Introducción

A nivel mundial, existe una gran preocupación por el incremento de los índices de contaminación por metales pesados, tales como: Níquel, plomo, cadmio, cromo y mercurio debido a su toxicidad y persistencia indefinida en el medio ambiente, comprometiendo el bienestar y equilibrio de la flora y fauna existente en un ecosistema y la salud de las personas residentes en comunidades cercanas, a través de su acumulación e ingreso a la cadena alimenticia (Albis, Cajar, & Domínguez 2015).

En el Perú, los últimos años ha ido aumentando fuertemente las actividades en minería y por consecuencia, el vertimiento de contaminantes líquidos al ambiente ha crecido sustancialmente. Todo esto se ha convertido en un problema ambiental debido a las características toxicológicas, acumulativas, y persistencia de metales pesados (Plenge, 2012).

El Perú cuenta con una gran variedad de recursos vegetales, que constituyen una fuente potencial de materia prima para la producción del carbón activado; es por ello que los investigadores Sun-Kou et al. (2014) y Aguirre (2017) utilizaron residuos vegetales; dicho es el caso del "Aguaje" especie cuyo fruto es muy utilizado en la selva peruana en regiones tales como: Iquitos, Ucayali, Madre de Dios y San Martín y la especie "Eucalipto" cuya mayor producción se da en la sierra del Perú, tales como Puno y Cajamarca (Rodríguez, Burgos, & López, 2014).

Ante la demanda de consumo (Aguaje) y producción (Eucalipto) para Sun-Kou et al. (2014) y Aguirre (2017) fue una gran oportunidad de reutilizar partes del fruto no aprovechado (semilla), ya que representa una cantidad importante de materia prima para la elaboración de carbón activado. El mismo que fue empleado para tratar aguas contaminadas por plomo (Pb) debido a las propiedades como, la Acidez superficial, la Porosidad del adsorbato y el pH de la solución, son factores determinantes en el proceso de adsorción de los iones de los metales pesados (Sun-kou, Obreg & Aylas, 2014).

En busca de reducir el impacto ambiental que generan los metales pesados en los cuerpos de agua; Aguirre (2017) en su investigación "Adsorción de metales pesados (Pb y

As) con carbón activado a partir de semillas de eucalipto (*Eucalyptus globulus*)” y María Sun-Kou en su investigación “Adsorción de metales pesados (Pb, Cr y Cd) empleando carbones activados preparados a partir de semillas de aguaje (*Mauritia Flexuosa*)” ambos estudios coinciden en utilizar alternativas innovadoras y viables, ya que son capaces de reducir la mayor concentración de plomo y al mismo tiempo conseguir un bajo coste en la instalación de un sistema de tratamiento para aguas residuales con presencia de metales pesados, aprovechando materia prima como las semillas de aguaje y semillas de Eucalipto para contribuir con el cuidado de los ecosistemas.

2. Materiales y Métodos

2.1. Materiales

- Laptop
- Cámara fotográfica
- Cuaderno
- Lápiz

2.2. Métodos

Para desarrollar la presente investigación se consultó a dos investigaciones de pregrado, Aguirre (2017) y Sun-Kou (2014) como centro principal de análisis; Así mismo para el desarrollo de la introducción y discusiones se utilizó la recopilación de información de artículos, revistas en bases de datos como REDALYC, SCIELO, SCIENCE DIRECT, posteriormente se seleccionó artículos en idioma español e inglés entre los años 2014 – 2019; con la finalidad de establecer fundamentos de conocimiento con temas relacionados a la eficiencia de los carbones activados de semillas de aguaje y Eucalipto para el tratamiento de aguas contaminadas por Plomo (Pb).

Para esta etapa se elaboró instrumentos de recolección de datos, utilizando una matriz metodológica y una matriz de resultados, luego se validó las matrices por profesionales especialistas, para desarrollar etapas específicas de las investigaciones que se han realizado. Con la finalidad de:

Comparar las estructuras de investigación de acuerdo a la matriz de datos, donde se buscó analizar el grado del autor, título, objetivos, problemática, diseño, población, muestra, hipótesis y sus variables.

Comparar la metodología de las investigaciones para determinar la eficiencia de los carbones activados de semillas de aguaje y Eucalipto para el tratamiento de aguas contaminadas por Plomo (Pb).

Comparar los resultados más significativos en la eficiencia del carbón activado de semillas de aguaje y eucalipto para el tratamiento de aguas contaminadas por Plomo (Pb).

3. Resultados y Discusión

3.1. Resultados

3.1.1. Comparación de las metodologías utilizadas

En la Tabla 1, se muestra las concentraciones iniciales de Plomo (mg/L), Agua (mL) y la cantidad de Carbón Activado (g), utilizadas para determinar la eficiencia del Carbón activado de semillas de aguaje (*Mauritia Flexuosa*) y Eucalipto (*Eucalyptus*).

Aguirre (2017)- utilizó una concentración inicial de Plomo (Pb) de 200 mg/L, en el solvente (agua) utilizó 500 ml provenientes del lago Titicaca y una cantidad de 2 g de Carbón Activado; mientras que Sun-Kou (2014)- consideró una concentración inicial de Plomo (Pb) de 80 mg/L, en el solvente (agua) utilizó 20 mL de la solución trabajada en laboratorio y una cantidad de 0.015 g de Carbón Activado.

Tabla 1.
Concentraciones y cantidades Iniciales utilizadas en ambos estudios

Indicadores	Carbón activado	
	Semillas de Eucalipto Aguirre (2017)	Semillas de Aguaje Sun-Kou et al. (2014)
Concentración inicial de Pb (mg/L)	200	80
Solvente (mL)	500	20
Cantidad de C. A (g)	2	0.015

Nota 1. *Adaptado de: Aguirre (2017) y Sun-Kou et al. (2014)*

3.1.2. Capacidad de adsorción del carbón activado

En la Figura 1 se muestra la capacidad de adsorción del Plomo (Pb) para el carbón activado de semillas de aguaje y eucalipto. Se observa que el carbón activado obtenido de las semillas de aguaje presenta mayor capacidad de adsorción del Plomo (Pb), a comparación de las semillas de eucalipto.

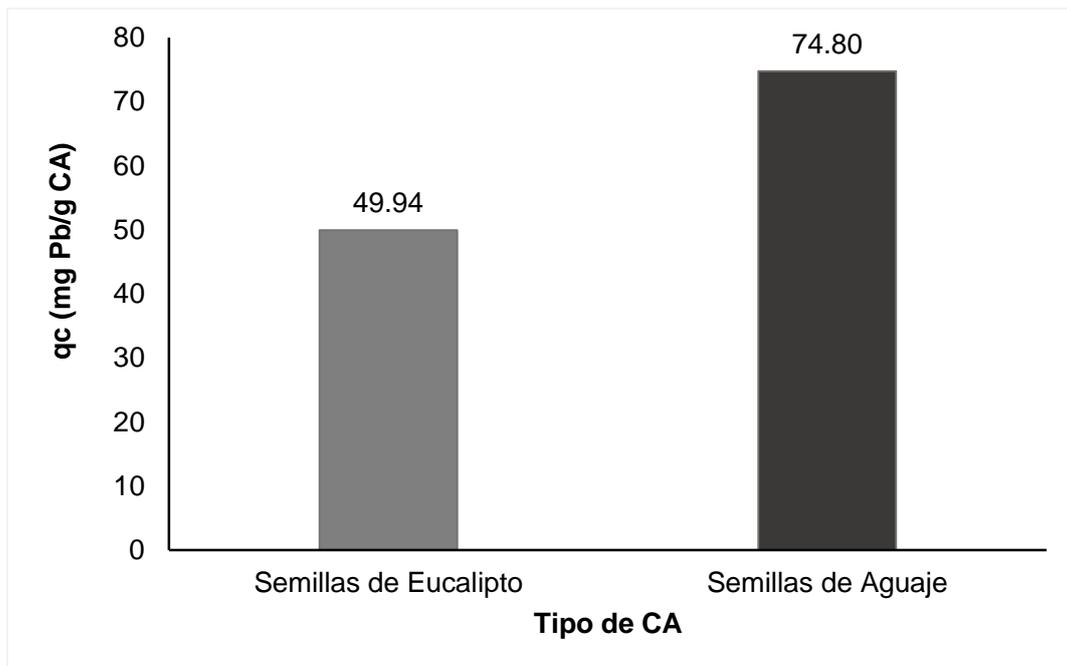


Figura 1. Capacidad de adsorción de plomo del carbón activado

Fuente: Adaptado de: Aguirre (2017) y Sun-Kou et al. (2014)

3.1.3. Porcentaje de remoción del Plomo

En la Figura 2 se muestra el porcentaje de remoción del Plomo (Pb) para el carbón activado de semillas de aguaje y eucalipto. Se observa que el carbón activado obtenido de las semillas de eucalipto presenta mayor porcentaje de remoción del Plomo (Pb), a comparación de las semillas de aguaje

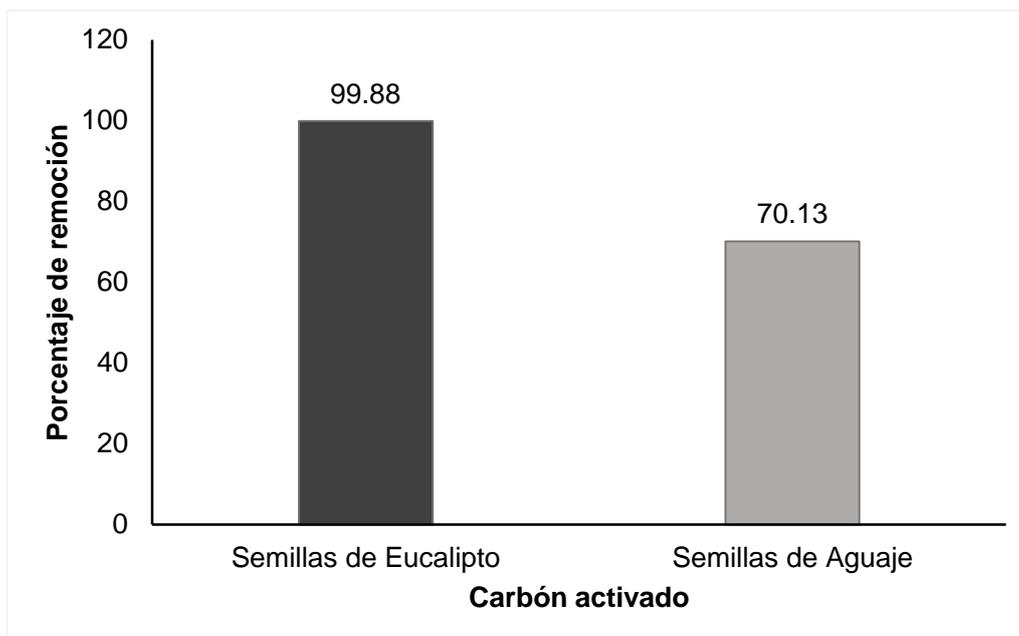


Figura 2. Porcentaje de remoción del carbón activado
Fuente: Adaptado de: Aguirre (2017) y Sun-Kou et al. (2014)

3.2. Discusión

Sun-kou et al. (2014) encontró una capacidad de adsorción de plomo para el carbón activado de semillas de aguaje de 74.80 mg Pb/g CA; mientras que Aguirre (2017) encontró 49.94 mg Pb/g CA. Estas diferencias se deben a la cantidad inicial del adsorbato (Pb) utilizada en ambas investigaciones (Tabla 1), ya que Franco, Herney, Enríquez, & Ruiz (2015) mencionan que a mayor concentración en la solución inicial del adsorbato la capacidad de adsorción disminuye, ya que en estos casos la cantidad de la solución del adsorbato (Pb) puede saturar el material adsorbente; Asimismo Vera & Morocho (2015) mencionan que la capacidad de adsorción del plomo por parte del carbón activado elaborado a partir de la cáscara de arroz, se ve influenciado por la gran cantidad de óxido de sílice presente, esto explica que el carbón activado de semillas de aguaje es más adsorbente por la mayor cantidad de sílice que tiene a comparación del Eucalipto. Por otro lado, Sun-Kou et al. (2014) trabajó con un pH 5 y Aguirre (2017) con un pH >8, lo cual fue un factor que influyó en la capacidad de adsorción, según Rodríguez et al. (2014) menciona que un pH óptimo es el que corresponde a la retención máxima del metal, para un tiempo determinado, lo cual se facilita en soluciones ácidas; todo esto se debe a la neutralización

de cargas negativas en la superficie del carbón activado reduciendo los impedimentos a la difusión logrando conducir a un número mayor de centros de adsorción. Asimismo, la Temperatura °C influyó en la capacidad de adsorción, ya que Sun-Kou et al. (2014) trabajó con una Temperatura ambiente de 20°C y Aguirre (2017) con una Temperatura de 15°C, según Rodríguez et al. (2014) menciona que el aumento de la temperatura (°C) también aumenta el grado de difusión de la solución en la fase líquida hacia los centros de adsorción, lo que normalmente logra conducir a una mayor adsorción. Asimismo, Carrillo (2019) utilizó carbón activado del rastrojo de maíz, trabajando con pH 4 de la solución y una temperatura ambiente, obteniendo una capacidad de adsorción de 8,6 mg Pb/g C.A Lavado, Sun Kou, & Bendezú (2010) trabajaron con carbón activado de Astillas de Eucalipto, con un pH 5 de la solución, a Temperatura de 20°C donde obtuvieron una capacidad de adsorción 142.1 mg Plomo/g C.A, Patnukao, Kongsuwan, & Pavasant (2008) trabajaron con carbón activado de Eucalyptus camaldulensis Dehn con un pH 5 de la solución a Temperatura ambiental de Tailandia obtuvieron una capacidad de adsorción de 0,89 mmol / g; Ruiz (2018) trabajó con carbón activado de cascara de Naranja a un pH 5 de la solución, Temperatura de 18 °C obteniendo una capacidad de adsorción de 0.673 mg Plomo/g.

Respecto al Porcentaje (%) de remoción del Plomo (Pb), Sun-Kou et al. (2014) utilizó carbón activado a 500°C de semillas de aguaje obteniendo un porcentaje de remoción del 70.13 %; mientras que Aguirre (2017) utilizó carbón activado a 600 °C de semillas de Eucalipto obteniendo un porcentaje de remoción del 99.88 %; estas diferencias se deben a la temperatura que se utilizó para la activación, ya que si aumenta hasta 800 ° C, el diámetro de poro aumenta la meso porosidad en desarrollo según Olmedo (2016) y según Ariza (2012) la parte de los meso poros son fundamentales, ya que benefician el acceso de los contaminantes a la parte de los micro poros y esto ayuda en la remoción. Comparando con otras investigaciones tal es el caso de Sun Kou, & Bendezú (2010) utilizando carbón activado de Astillas de Eucalipto obtuvieron un porcentaje de remoción del 99.70 %; Asimismo Carrillo (2019) utilizó carbón activado del Rastrojo de maíz logrando obtener un porcentaje de remoción del 89.1% y Ruiz (2018), utilizando carbón activado de cascara de

Naranja logró obtener un porcentaje de remoción del 78 %; se puede constatar que Aguirre (2017), Logró obtener el mayor porcentaje de remoción es a través del carbón activado de semillas de Eucalipto; Por otro lado Franco, Herney, Enríquez, & Ruiz (2015) plantea como alternativa de remoción del plomo (Pb) a la lignina que es obtenida del procesamiento del pseudotallo de plátano, ya que según su investigación la eficiencia de remoción fue moderadamente alta del 55.25 % debido a que la lignina usada proviene de los residuos agroindustriales (seudotallo de plátano) de bajo costo, a comparación de los carbones activados quienes presentan mayores eficiencias de remoción, sin embargo los procesos de obtención son más complejos y más costosos debido al proceso de pirólisis que se requiere en la obtención del carbón. Por otro lado, se necesitan temperaturas mayores a 500 °C lo que significa mayores gastos energéticos, no obstante, el uso de compuestos químicos utilizados para la activación de los carbones también son un valor agregado al proceso. Finalmente, Vera & Morocho (2015) mencionan que, a mayor concentración de plomo (Pb) en el agua o solución acuosa existe mayor porcentaje (%) de remoción.

4. Conclusiones y Recomendaciones

4.1. Conclusiones

La mayor capacidad de adsorción para el Plomo (Pb) fue de 74.80 mg Pb/g CA utilizando carbón activado de semillas de aguaje superando al carbón activado de semillas de Eucalipto que logró una capacidad de adsorción de 49.94 mg Pb/g CA, debido a la naturaleza del precursor, cantidad inicial del adsorbato (Pb), pH de la solución, Temperatura en el proceso de adsorción y la mayor cantidad de sílice presente en el precursor.

La mejor eficiencia de remoción para el Plomo se logró con un porcentaje de 99,88 % utilizando carbón activado de semillas de Eucalipto, superando al carbón activado de semillas de aguaje que logró remover un porcentaje de 70.13 % debido a la temperatura que se utilizó para la activación, ya que si aumenta hasta 800 ° C, el diámetro de poro aumenta la meso porosidad en desarrollo ya que los meso poros son importantes, por que facilitan el acceso de los contaminantes (adsorbato) a los micro poros y esto beneficia en la

remoción, lo que lo hace una opción viable y eficiente para el tratamiento de plomo (Pb) en aguas residuales.

4.2. Recomendaciones

Se recomienda comparar con más estudios de investigación sobre tratamiento de aguas contaminadas por Plomo (Pb) utilizando carbón activado de otras especies (semillas), con el propósito de encontrar más alternativas viables y eficientes para el tratamiento de plomo (Pb) en aguas residuales.

5. Referencias

- Aguirre, N. (2017). Adsorción de metales pesados (Pb y As) con carbón activado a partir de semillas de eucalipto (*Eucalyptus globulus*). [Tesis Pregrado]. Universidad nacional del altiplano, Puno, Perú.
http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/7397/Aguirre_Achaquihui_Nathali_Yola.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Albis, A. Cajar, & domínguez, M. (2015). Análisis cinético de la adsorción de $Cr(VI)$ en soluciones acuosas a concentraciones de 10-20 mg / l con el uso de cáscara de yuca amarga (*manihot esculenta*) sorption kinetic analysis of $Cr(VI)$ in aqueous solutions at concentrations of 10-20 mg / l, (vi). <http://www.scielo.org.co/pdf/prosp/v13n2/v13n2a08>
- Ariza, M. (2012). Development of activated carbons from lignocellulosic wastes for toluene and n-hexane adsorption and recovery.
- Angela, P. (2016). Preparación y caracterización de un material compuesto a base de carbón activado y armazones metal orgánicos aplicados en la adsorción de dimetilamina. Pontificia universidad católica del Perú escuela de posgrado.
http://repositorio.concytec.gob.pe/bitstream/20.500.12390/258/3/2016_Pinedo_Preparacion-caracterizacion-material.
- Brenda, C. (2019). Características y utilización de carbón activado para la eliminación de plomo (II) en el agua superficial de Zacatecas, México. <https://revistas.uaz.edu.mx/index.php/biotecnologiaysust/article/view/686>
- Carriazo, G., saavedra, M. & molina, F. (2010). Propiedades adsorptivas de un carbón activado y determinación de la ecuación de langmuir empleando materiales de bajo costo. <http://www.scielo.org.mx/pdf/eq/v21n3/v21n3a7>.
- Franco, Herney, Enríquez & karina, M. (2015). Remoción de plomo (ii) usando lignina obtenida a partir del procesamiento del pseudotallo de plátano lead (ii) removal using lignin obtained from pseudostem banana treatment.
https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/43488
- Fernando P. & Jesús, R. (2012). Artículo de revisión minería informal e ilegal y contaminación con mercurio en madre de dios: un problema de salud pública..
<http://www.scielo.org.pe/pdf/amp/v29n1/a12v29n1>.
- Gironda, T. (2010.). Pulpa química al sulfato de eucalyptus globulus labill en cuzco, cajamarca y junin. [http://cedinfor.lamolina.edu.pe/Articulos_RFP/Vol10_no1-2_80-81_\(14\)/vol10_art5](http://cedinfor.lamolina.edu.pe/Articulos_RFP/Vol10_no1-2_80-81_(14)/vol10_art5).
- Giuliana, Z. (2010). Obtención de carbón activado a partir de semillas, de dos palmeras de la Amazonía Peruana, Shapaja (*Atta/ea phalarta*) y Aguaje (*Mauritia flexuosa*). Facultad de ciencias forestales. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/443/K50.Z2-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Ingenier, E.(2005). Manual del carbón activo. E.U. politécnica u. sevilla.
<http://www.elaguapotable.com/Manual%20del%20carb%C3%B3n%20activo.pdf>
- Loarte, D. (2015). "Efecto del pH y tipo de adsorbente en la remoción de manganeso de aguas superficiales contaminadas por relaves mineros ". Universidad nacional del centro del Perú.
<http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/1013/Loarte%20vargas%20Arnold%20David%20%20%2B.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Londoño, F. Londoño T. & Muñoz, G. (2016). En la salud humana y animal risk of heavy metals in human and animal health risco de metais pesados na saúde humana e animal.
<http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v14n2/v14n2a17>.
- Mauritia, I. (2010). Cultivo de aguaje. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana - IIAP.
http://repositorio.iiap.org.pe/bitstream/IIAP/90/2/Coral_Libro_2010.
- Marco, E. (2011). Eucalyptus globulus sp. globulus Labill (Eucalipto blanco) Familia Myrtaceae (eucalipto blanco) familia myrtaceae.
<http://forestindustria.magyp.gob.ar/archivos/procedimiento-requerido-en-plantaciones/eucalyptus-globulus-sp-globulus-labill-familia-myrtace>
- María, S. & Daniel, O. (2014). Activados preparados a partir de adsorption of heavy metals using activated carbons prepared from aguaje stones.
<http://revistas.sqperu.org.pe/index.php/revistasqperu/article/view/159/136>
- Olmedo, G. (2016). Carbón activado de la pirólisis instantánea de residuos de eucalipto .
<Http://doi.org/10.1016/j.heliyon.2016.e00155>
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5026709/>
- Patnukao, P., kongsuwan, A., & pavasant, P. (2008). Estudios por lotes de adsorción de cobre y plomo en carbón activado de eucalyptus camaldulensis dehn . Ladrar,
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19143307/>
- Peñamaría, M., Terra, F., & Deniz, T. (2005).Contaminación por metales pesados en los sedimentos de los ríos ténima y hatibonico, camaguey, cuba. Revista Cubana de Química.
<https://www.redalyc.org/pdf/4435/443543687019>.
- Rodríguez, H., & Calvis, R (2017). Características fisicoquímicas del carbón activado de conchas de coco. <http://scielo.sld.cu/pdf/ind/v29n1/ind03117>.
- Rodríguez, U., Burgos, J. & López, S. (2014). Adsorción en carbón activo. Plantas de tratamiento de aguas residuales de la industria textil.
<https://www.wateractionplan.com/documents/177327/558161/Adsorci%C3%B3n+en+carb%C3%B3n+activo.pdf/29bfa658-fbd1-c98b-1606-8eb1252fc1b9>
- Ruiz, P. (2018). Obtención de carbón activado a partir de cáscara de naranja (citrus sinensis L. Obseck) y su aplicación como adsorbente de plomo (ii) en disolución acuosa.
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/4043/ruiz-menendez-amparo-patricia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Salas, D. & Marzal, B. (2009). Estudio preliminar de adsorción de iones cobre con carbón activado de cascarón de coco. <https://www.redalyc.org/pdf/4455/445543760010>.
- Valdés, F. & Zaror, A. (2010). influence of activated carbon chemical surface composition on the adsorption of benzothiazoles. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ingeniare/v18n1/art05>.
- Vera, G., & Morocho, C. (2015). Evaluación de adsorción de plomo y mercurio en carbón activado proveniente de la cascarilla de arroz. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/3653/1/CD000027>