

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental

“ESTUDIO DE LA REMOCIÓN DE METALES PESADOS
EN AGUAS CONTAMINADAS DE RÍOS UTILIZANDO
CARBÓN ACTIVADO VEGETAL”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO AMBIENTAL



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

Autores:

Elvis Omar Paredes Ramírez

Luz Magali Segura Acosta

Asesor:

MCs. Juan Carlos Flores Cerna

Cajamarca - Perú

2021

DEDICATORIA

A DIOS, ya que hace posible que todas las cosas puedan suceder, a él que nos da la fuerza y nos brinda su bendición para poder sobrellevar todas las cosas día a día.

De igual forma dedicamos este trabajo a nuestras familias, quienes son los pilares fundamentales para salir adelante, ya que, gracias a su apoyo, confianza y amor, hemos podido llevar a cabo nuestras metas y poder cumplir nuestros anhelos.

También dedicamos este trabajo a Beca 18 quien ha brindado la oportunidad de continuar con nuestros estudios superiores y poder contribuir con el desarrollo de nuestro país.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por darnos la vida y la fuerza para seguir adelante cumpliendo todos nuestros objetivos.

A nuestros padres por el gran apoyo que nos brindan y por estar siempre junto a nosotros aconsejándonos y guiándonos por el buen camino, para que cada día nos volvamos mejores personas.

A los docentes de la Universidad Privada del Norte, por todas sus enseñanzas y por transferirnos todos sus conocimientos, los cuales nos servirán para aplicarlos en nuestra vida profesional.

Al biólogo Marco Sánchez Peña, por orientarnos para realizar la investigación en este tema y por todos los conocimientos que nos brinda día a día.

Al programa Beca 18 por darnos la oportunidad de continuar con nuestros estudios superiores y por brindarnos todas las facilidades de culminar nuestros estudios satisfactoriamente.

A nuestro asesor MCs. Juan Carlos Flores Cerna por el apoyo constante para el desarrollo de nuestra tesis y sobre todo por brindarnos su valioso tiempo para que esta investigación se lleve a cabo.

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
RESUMEN	8
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	9
1.1. Realidad problemática.....	9
1.2. Formulación del problema	23
1.3. Objetivos	24
1.3.1. Objetivo general.....	24
1.3.2. Objetivos específicos	24
1.4. Hipótesis.....	24
1.4.1. Hipótesis general.....	24
1.4.2. Hipótesis específicas	24
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	25
2.1. Tipo de Investigación	25
2.2. Población y muestra (materiales, instrumentos y métodos).....	25
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.....	27
2.4. Procedimiento.....	28
CAPÍTULO III. RESULTADOS	36
3.1. Eficiencia de los carbones activados para remover cadmio (Cd).....	37
3.2. Eficiencia de los carbones activados para remover cromo (Cr).....	38
3.3. Eficiencia del carbón activado para remover molibdeno (Mo).....	40
3.4. Eficiencia de los carbones activados para remover plomo (Pb).....	41

3.5. Eficiencia de los carbones activados para remover cinc (Zn).....	44
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	46
4.1. Discusión.....	46
4.2. Conclusiones	50
REFERENCIAS	52
ANEXOS	62
Anexo 01:	62
Anexo 02:	63
Anexo 03:	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ficha de elección de Información.....	29
Tabla 2. Número de artículos considerados para la elaboración de la investigación	30
Tabla 3. Porcentaje de artículos considerados para la elaboración de la investigación	31
Tabla 4. Artículos incluidos en el estudio.....	34
Tabla 5. Tipos de carbón activado para remover Metales Pesados.....	36
Tabla 6. Carbones activados para remover cadmio (Cd) de aguas contaminadas	37
Tabla 7. Carbones activados para remover cromo (Cr) de aguas contaminadas	39
Tabla 8. Carbón activado para remover molibdeno (Mo) de aguas contaminadas.....	40
Tabla 9. Carbones activados para remover plomo (Pb) de aguas contaminadas	42
Tabla 10. Carbones activados para remover cinc (Zn) de aguas contaminadas	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Regiones del Perú afectados por la Contaminación con Metales Pesados	10
Figura 2. Tipos de Carbón Activado	21
Figura 3. Número de artículos considerados para la elaboración de la Investigación	31
Figura 4. Porcentaje de artículos considerados para la elaboración de la Investigación	32
Figura 5. Diagrama de Selección de los artículos para la Investigación	33
Figura 6. Porcentaje de remoción de cadmio (Cd) con carbones activados de biomasa vegetal.....	38
Figura 7. Porcentaje de Remoción de Cromo (Cr) con Carbones Activados de Biomasa Vegetal.	39
Figura 8. Porcentaje de remoción de molibdeno (Mo) con carbón activado de biomasa vegetal.	41
Figura 9. Porcentaje de remoción de plomo (Pb) con carbones activados de biomasa vegetal.....	43
Figura 10. Porcentaje de remoción de cinc (Zn) con carbones activados de biomasa vegetal.....	45

RESUMEN

La presente investigación es un estudio de tipo no experimental, para llevarlo a cabo se realizó una búsqueda intensa de información en diferentes repositorios confiables sobre investigaciones que tratasen sobre el carbón activado de origen vegetal para la remoción de metales del agua. Con la información deseada se procedió a realizar tablas y gráficas para comparar los tipos carbones activados que son utilizados para remover metales del agua. Finalmente, se obtuvo que para remover el Cadmio se puede utilizar el carbón activado de cáscaras de Piña; otro metal que podemos remover es el Cromo utilizando carbón activado producido de cáscaras de Naranja y cáscaras de Moringa; para remover Molibdeno se puede utilizar el carbón activado elaborado con la tusa de Maíz, uno de los metales más peligrosos como es el Plomo se puede remover del agua usando carbón activado elaborado con Astillas de Eucalipto y para remover Cinc, podemos utilizar el carbón activado de Pino Pátula. También, debemos de tener en cuenta para elaboración de carbón activado, que el pH del carbón va a depender del material a usar para su elaboración, otro factor es la temperatura de activación, y éste debe de estar entre los 400 °C y los 900 °C.

Palabras clave: Carbón Activado, Remoción, Metales Pesados, Producción

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La contaminación por metales en las últimas décadas viene siendo un tema muy polémico en diversos países del mundo en donde implica la utilización de metales para el desarrollo de actividades industriales para su beneficio económico. Estos elementos son muy perjudiciales para el ambiente, donde el recurso hídrico es uno de los más afectados por estos contaminantes, los cuales repercuten directamente en la salud humana; entre los metales más peligrosos destacan el Arsénico (As), Cadmio (Cd), Plomo (Pb), Mercurio (Hg), entre otros, los cuales en altas concentraciones generan graves daños y alteraciones (García, Pedraza, Montalvo, Martínez, & Leyva, 2012).

La alteración de las aguas continentales es un problema de escala mundial, principalmente debido a relaves mineros, Según Castro de Esperanza (2016) en nuestro país existen 16 departamentos en los cuales se evidencia la presencia de conflictos ambientales proveniente de la actividad minera tales como Ancash, Apurímac, Puno, Cusco, Loreto, Ayacucho, Piura, Junín, Lima, Arequipa, Ica, Huánuco, Madre de dios, Huancavelica entre estos no podría faltar nuestro departamento de Cajamarca con 13 conflictos socio ambientales hasta el año 2016, y los cuales seguirán aumentando en los diversos departamentos de nuestro país.

Hoy en día en el Perú vemos que la contaminación por metales ha ido aumentando en todas sus regiones, esto se debe a que existen proyectos mineros que no tienen en cuenta la contaminación que están realizando al ambiente y sobre todo a los recursos hídricos. Según el Ministerio de Salud (2010) los principales agentes contaminantes que tenemos son el arsénico, cadmio, plomo, mercurio, aluminio,

magnesio, manganeso, hierro, cobre, cianuro. Estos elementos son los que provocan mayores impactos tanto para el ambiente como para la salud de los seres vivos.

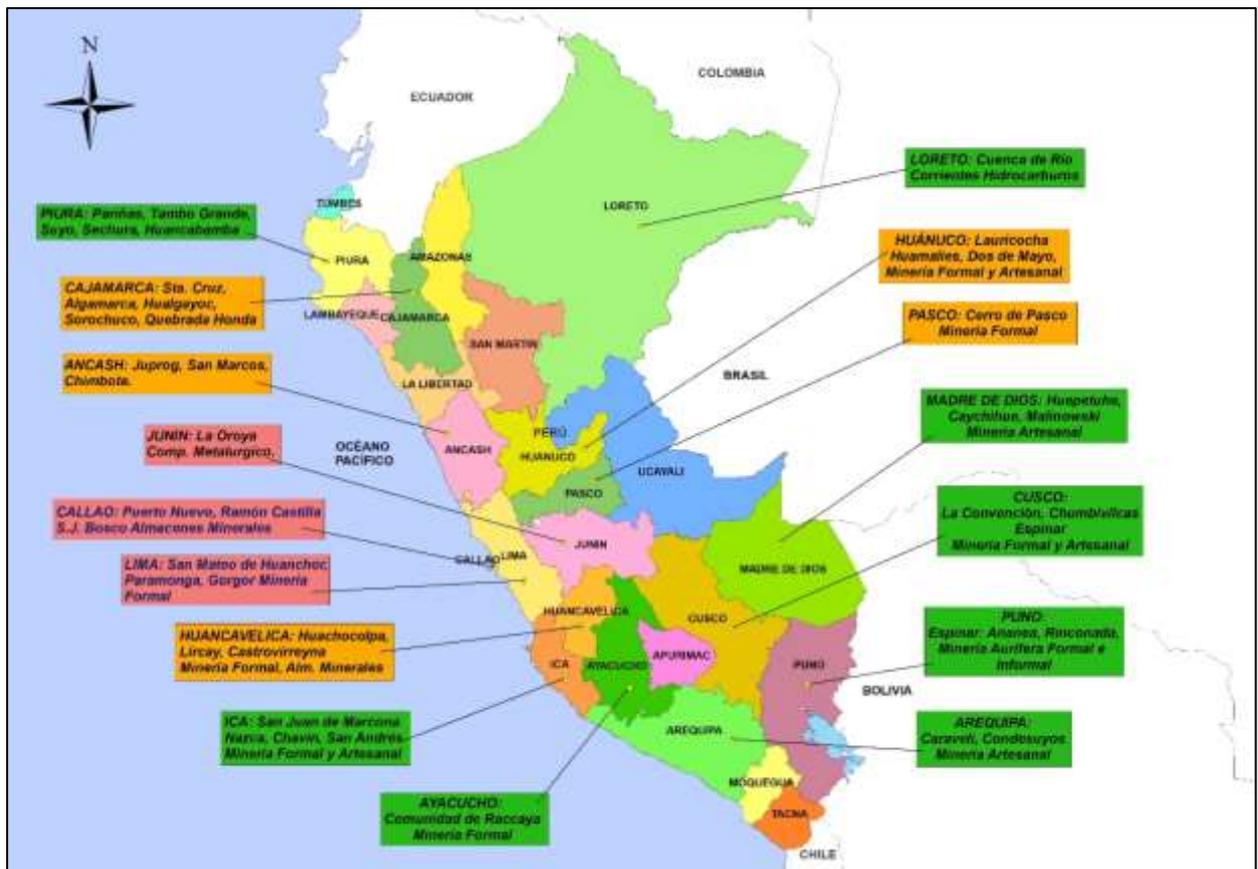


Figura 1. Regiones del Perú afectadas por la Contaminación con Metales Pesados. La ilustración nos muestra las regiones que son afectados por la contaminación con metales pesados. **Fuente:** (MINSa, 2018)

Cajamarca es una de las tantas regiones que es más afectada por la contaminación con metales pesados debido a la gran actividad minera que se desarrolla en este lugar, frente a este problema es que se realiza diversas protestas y paros contra la explotación que se realiza en esta ciudad debido a que las empresas no toman otras medidas para remediar la contaminación que genera en el agua suelo y aire. El ministerio de Salud nos da a conocer que las provincias de Cajamarca que se ven afectadas por la contaminación de agua son la provincia de Santa Cruz, Celendín, Cajabamba, Hualgayoc y San Miguel, que son afectados por proyectos mineros que perjudican el agua de estas provincias (Ministerio de Salud, 2010).

En el presente trabajo de investigación se realiza un estudio para conocer si el método de la utilización de carbón activado vegetal en remoción de metales pesados en aguas de ríos, puede ser un método recomendable para dar solución a uno de los diversos problemas que se tiene en el recurso hídrico; teniendo en cuenta que en nuestro departamento y por qué no decirlo en nuestro país, no todas poblaciones cuentan con el servicio de agua potable y éstas, utilizan el agua de nuestros ríos que tienen al alcance de sus hogares debido a la carencia de este recurso tan necesario para el uso en las diferentes actividades que uno día a día realiza.

Antecedentes

Como un primer estudio realizado por Bravo y Garzón (2017) en la ciudad de Bogotá Colombia; evaluaron la eficiencia del carbón activado procedente del residuo agroindustrial de coco en la remoción de contaminantes en agua. Se utilizó cascara de coco proveniente del sitio Pimpiguasi, cantón Portoviejo, para la elaboración de carbón activado mediante activación física a una temperatura de 700 °C por una hora. El método que se utilizó fue la elaboración de filtros como unidades experimentales. Se efectuaron análisis físicos al agua: sólidos suspendidos, cloro libre residual, turbidez, color y pH. Los resultados obtenidos fueron de una eficiencia de 100 g de carbón activado se obtuvo una remoción de 75.68 % de eficiencia en la remoción de contaminantes en agua.

En un segundo estudio realizado por Guevara (2016) en Bogotá Colombia, evaluó el funcionamiento del carbón activado recubierto con caucho de polisulfuro, como material adsorbente, para remover cadmio y plomo en los cuerpos de agua. La

metodología utilizada fue a partir de un filtro para la remoción también se realizaron pruebas de laboratorio donde primero se sintetizó el polímero de azufre para recubrir el carbón activado, posteriormente se hizo una caracterización al polímero a través de un análisis elemental, seguido de las pruebas de comparación entre el carbón activado y el carbón activado recubierto y por último ensayos de tiempo de contacto, peso apropiado del carbón activado, estos últimos permitieron la construcción de la isoterma de adsorción, para demostrar la capacidad de adsorción del carbón activado recubierto con el polímero. Donde se pudo obtener el siguiente resultado de una muestra con 0.159 mg/L de Cd se pudo retener 0.124 mg/L de Cd y en el caso del plomo se obtuvo el siguiente resultado en una muestra con 0.157 mg/L de Pb se pudo retener 0.079 mg/L de Pb, mediante las pruebas se obtuvieron alentadores resultados.

Como un tercer estudio realizado por Garzón y Gonzáles (2012) en la ciudad de Cartagena, Colombia; evaluó la capacidad de adsorción que tiene el carbón activado producido a partir de la cascara de naranja para remover Cromo (VI) de aguas contaminadas. Los métodos utilizados para la determinar la eficiencia de adsorción fueron a partir de técnicas convencionales tales como la fabricación de carbón activado de naranja y utilización de la cascara de dicha fruta sin ningún proceso para poder determinar la eficiencia de adsorción, para obtener resultados más exactos se desarrollaron diversas pruebas donde se pudo tener un resultado de adsorción con un porcentaje de remoción del 68 % de la cáscara de naranja y 98 % para el carbón activado a partir de la misma a condiciones favorables de pH, tamaño de partícula y relación masa de adsorbente/Litro de solución contaminante.

En un cuarto estudio realizado por Ahuis y Dorregaray (2018) en Huancayo, Perú, estudiaron la importancia que tienen los residuos de la piña para la producción de carbón activado con el objetivo principal de remover metales como cadmio y plomo de agua contaminada. La activación del carbón activado se dio a diferentes temperaturas de pirolisis (4000 °C, 500 °C y 600 °C) en ambientes inertes. Para remover los metales se aplicaron 200 g de adsorbente (carbón activado) por el tiempo de 3 horas, obteniendo como resultado que la capacidad del carbón activado a 600 °C para adsorber metales fue de un 98.64 % para el Cadmio y de 87.64 % para Plomo, lo que implica que la utilización de carbón activado sería una alternativa eficiente para remover metales de aguas contaminadas.

Como quinto estudio realizado por Janqui (2018) en Puno, Perú, evaluó la capacidad de remoción que tiene el carbón activado producido por la Tusa de Maíz, para remover molibdeno del agua del río Challhuahuacho. El carbón activado se obtuvo por activación físico-térmica a temperatura de 900 °C. Para el análisis se hicieron 5 tratamientos en donde se variaron los pesos del carbón activado y los pH, y se obtuvo que a un pH de 9 y con 0.8 g de carbón se removía hasta un 90.5 % del metal molibdeno, dando como dato que la capacidad de adsorción es de 2.22 mg Mo/g, a partir de estos resultados se concluye que el carbón activado de la tusa de maíz ofrece excelentes condiciones para el tratamiento de aguas contaminadas con molibdeno.

Finalmente se consideró el estudio realizado por De la Cruz (2018) en Lima, Perú, determinó la eficiencia que tiene el carbón activado producido a partir del gabazo de caña de azúcar para la bioadsorción de plomo del río chillón, para esto se tomaron muestras a lo largo de todo el río para ver donde se encuentra la concentración más

alta de plomo y con ello realizar el tratamiento de bioadsorción de Plomo. Para el tratamiento se secó el gabazo de la caña de azúcar y carbonizarlo a 400 °C para luego activarlo con ácido fosfórico a diferentes concentraciones (21 %, 50 % y 80 %). En el laboratorio se trabajó con 10 muestras de agua del río y se le agregó 0.2 g de carbón activado por cada 100 ml de agua y se agito la mezcla, luego se dejó actuar por 40 minutos y decantar por 15 minutos. Finalmente se procedió a filtrar las muestras para llevarlas a un análisis de espectrometría la que permitirá conocer la concentración inicial y final de plomo. La concentración inicial fue de 0.252 mg/L, la cual después del tratamiento con el carbón activado con 80 % de concentración de ácido fosfórico disminuyó a un 0.017 mg/L. Se puede concluir que el tratamiento con carbón activado de gabazo de caña tiene un rendimiento de hasta el 90 %, evidenciando la gran capacidad de bioadsorción de plomo que tiene este tipo de carbón activado.

Marco Teórico

Las bases teóricas que sirvieron para el entendimiento de los aspectos principales del tema de investigación son los siguientes:

El agua

Es la sustancia que más abunda en el planeta Tierra y se encuentra en estado líquido, sólido y gaseoso en la atmósfera. La mayor reserva de agua está en los océanos, que contienen el 97% del agua que existe en la Tierra, se trata de agua salada, que sólo permite la vida de la flora y fauna marina, el resto es agua dulce, pero no toda está disponible, gran parte permanece siempre helada, formando los casquetes polares y los glaciales (FAO, 1996).

El agua es un líquido esencial para la salud, tanto del planeta, como de los seres que lo habitan, y resulta fundamental en la supervivencia del ser humano; del agua dulce que dispone el planeta el 70% se emplea en la agricultura, el 22% en la industria –particularmente de alimentos y bebidas como también en la minería– y el 8% restante en usos domésticos (ONU, 2015).

Contaminación del agua.

La contaminación del agua es un tema muy polémico y tratado durante las últimas décadas, por la que diversas entidades y organizaciones vienen analizando y estudiando dicho tema. Según la Organización Mundial de la Salud (2010), define el agua contaminada como aquella que sufre cambios en su composición hasta quedar inservible, es decir que contiene diversas sustancias tóxicas para los seres vivos, animales y plantas; así mismo, se debe tener en cuenta que en la contaminación del agua, ésta sufre una alteración en sus propiedades físicas y biológicas las cuales vuelven al agua inservible para cualquier actividad que realice el ser humano.

Metales

Se conoce como metales a los elementos químicos de la tabla periódica que se encuentran a la izquierda y en el centro de esta. Los metales se clasifican en alcalinos y alcalinotérreos a los grupos I-A y II-A; y como metales de transición a los grupos III-A y IV-A. El arsénico (As) del grupo V-A, también se considera como metal y se estudia junto a los demás de la tabla periódica. Dentro de todos los grupos de metales se encuentran algunos que son más relevantes vistos desde un punto toxicológico debido a la toxicidad que estos tienen (Ferrer, 2003).

Los metales los podemos encontrar como un componente natural de la corteza terrestre, debido a que muchos organismos los utilizan para funciones bioquímicas y fisiológicas. Algunos de los metales son oligoelementos que son fundamentales para el mantenimiento de sistemas bioquímicos de los seres vivos. También lo podemos encontrar debido a procesos antropogénicos, como las actividades industriales, agrícolas, mineras y ganaderas, o el propio tráfico, que deben ser considerados también como fuentes de metales pesados. Se le llama metales pesados debido al carácter acumulativo y de permanencia, éstos se encuentran no sólo en los diversos compartimentos ambientales (aire, agua, suelos, flora y fauna), sino que también se detectan en el organismo humano. Los metales también pueden actuar como contaminantes tóxicos, tanto para los seres vivos como para el ambiente, dependiendo de cuál sea la forma de exposición, la dosis absorbida, la naturaleza química del metal, y largo etcétera (Ferré Huguet, Schuhmacher, Llobet, & Domingo, 2007).

Contaminación por metales

La contaminación por metales se da hoy en día debido a que en el mundo industrializado son utilizados en la mayoría de las actividades es así como los metales son considerados por el hombre como los tóxicos más antiguos del planeta. La exposición a la contaminación por metales se da a partir del agua, los alimentos o el ambiente, debido a que se ha incrementado la actividad industrial humana, lo que provoca la contaminación de ecosistemas, que se encuentren alrededor de la industria que utiliza metales en sus actividades; entre ellas hay que destacar la industria minera y las industrias de transformación, fundición y metalurgia en general (Ferrer, 2003).

Cabe recalcar que no todos los metales son contaminantes debido que algunos de ellos son necesarios en los seres vivos; los metales en concentraciones altas suelen considerarse contaminantes. Dentro de los metales que son más contaminantes tenemos los siguientes:

Cadmio (Cd)

Es un metal del grupo de los elementos de transición, de color blanco plateado, maleable; es uno de los metales más tóxicos que no se encuentra en estado libre en la naturaleza, sino más bien se obtiene casi exclusivamente como subproducto en el refinado de los minerales de Zinc. La principal fuente de exposición al cadmio para la humanidad son los alimentos y el agua. El cadmio en las actividades extractivas de minerales pueden llegar a estar en contacto de las personas ya sea por contacto directo e indirecto como por ejemplo al utilizar productos fabricados con dicho elemento o por la alimentación donde algunos alimentos pueden acumularlos y así llegar al organismo humano, pequeñas partículas de cadmio que a su vez son absorbidas por el aparato respiratorio y provocar daños severos como cáncer a los pulmones, sangre y finalmente la muerte dependiendo de la concentración y el tiempo que permanezca dicho elemento en el cuerpo humano (Londoño Franco, Londoño Muñoz, & Muñoz García, 2016).

Plomo (Pb)

El plomo (Pb) es un metal pesado de color gris y su textura es blanda, este metal se encuentra muy difundido en la corteza terrestre. La forma más abundante de este metal en la tierra es en sulfuro de plomo (PbS) que forma las menas de la galena. En el ambiente con frecuencia se encuentra asociado a los metales como la plata (Ag), el cobre (Cu), Zinc (Zn), hierro (Fe) y antimonio (Sb). La exposición al plomo se

produce debido a actividades de minería, fundiciones, fabricación y empleo de pinturas, en las baterías, tuberías, plaguicidas soldaduras de plomo, vajillas y cerámicas. En los últimos años el plomo se extrae de la gasolina. Estar expuestos a altas concentraciones de plomo genera enfermedades cancerígenas que con el tiempo ocasionan la muerte de las personas y la desaparición de especies del ambiente y ecosistemas (Ferrer, 2003).

Cromo (Cr)

Elemento químico, su número atómico es 24, su peso atómico 51.90; es un metal de color blanco plateado, duro y quebradizo. Sin embargo, es relativamente suave y dúctil cuando no está tensionado o cuando está muy puro. Sus principales usos son la producción de aleaciones anticorrosivas de gran dureza y resistentes al calor y como recubrimiento para galvanizados. Las personas pueden estar expuestas al Cromo cuando lo respiran, al comerlo o beberlo y a través del contacto con la piel; una vez dentro del organismo de las personas causan problemas respiratorias y enfermedades en la piel, que con el paso del tiempo desarrollan el cáncer y este a su vez lleva a la muerte (Nordberg, 2017).

Molibdeno (Mo)

El molibdeno es un metal gris plateado es uno de los metales de transición y se lo encuentra en muchas partes del mundo. La mayor parte de molibdeno se encuentra en las minas donde su recuperación es el objetivo primario de la operación, el restante se obtiene como un subproducto de ciertas operaciones del beneficio del cobre. El molibdeno y sus compuestos son altamente tóxicos ya que según estudios con animales la intoxicación es aguda produciendo así una irritación gastrointestinal grave con

diarrea, coma y muerte por insuficiencia cardíaca; también produce enfermedades pulmonares (Nordberg, 2017).

Cinc (Zn)

El cinc o zinc es un elemento esencial y necesario en los diversos procesos biológicos tanto para las personas, animales y plantas, su número atómico es 30 y se encuentra situado en el grupo de 12 de la tabla periódica. Este elemento es necesario para que el sistema inmunitario (sistema de defensa del cuerpo) funcione apropiadamente. Pero si este se consume o llega el organismo del ser vivo en concentraciones altas produce una intoxicación; la intoxicación por cinc ocurre por diferentes vías ya sea por inhalación, por consumo de bebidas o por ingesta. El cinc en elevadas concentraciones en el organismo puede provocar dolor abdominal, náuseas, vómitos y en ocasiones si este elemento es acompañado por cobre provoca pancreatitis (Martín, et al., 2016)

Porcentaje de Remoción.

El porcentaje de remoción se viene tratando desde muchos años atrás, para realizar diversas actividades de separación. Según Muñoz (2013), la palabra remoción proviene del acto de remover. Remover es justamente quitar o sacar algo de su lugar, independientemente de que sea reemplazado o no, por otro. La remoción puede darse, como se dijo antes, sobre un objeto o sustancia. En algunos casos la remoción puede ser simple mientras que en otros puede necesitar mucho tiempo o diversos procesos y técnicas, los cual necesitan ser calculados y representados en porcentajes.

Carbón activado

El término “carbón activado” se refiere a carbones muy porosos producidos a partir de materiales ricos en carbono, mediante diversas formas de activación química o física. Para la preparación de carbones activados el material es calcinado (carbonización) y luego sometido al proceso de activación, lo cual conduce a aumentar la porosidad y la capacidad de adsorción del material carbonizado mediante tratamientos de oxidación de los grupos funcionales de la superficie del sólido (Carriazo, Saavedra, & Molina, 2010).

Carbón activado de biomasa vegetal.

Anteriormente se relata sobre el carbón activado que ha sido usado para aplicaciones médicas. Se usaba el carbón vegetal como adsorbente que se preparaba de la madera carbonizada, esto lo describen en un papiro que data de 1550 a.C. encontrado en Tebas por los griegos. Posteriormente el uso de carbón se amplía para filtrar el agua, ya que este elimina malos olores, sabores, colores debido a su gran capacidad de retener contaminantes, y de esta manera fue utilizado para prevenir enfermedades que se transmitían por el agua (Menéndez, 2008).

Producción de Carbón Activado Vegetal

El carbón activo puede fabricarse a partir de un sin número de materiales carbonosos, solamente se utilizan unos cuantos, a nivel comercial, debido a su disponibilidad, bajo costo, ya que los productos obtenidos a partir de ellos tienen las propiedades que cubren toda la gama de aplicaciones que el carbón activo puede tener. En el Manual del Carbón Activado realizado en la Universidad de Sevilla nos dice que para la producción del carbón activado se debe de realizar los siguientes pasos:

1. Se calienta el material al rojo vivo para expulsar los hidrocarburos, y así tener carbón.
2. A continuación, para activar el carbón formado, se expone éste a un gas oxidante a altas temperaturas dependiendo el material que se quiere convertir en carbón activado. Este gas desarrolla una estructura porosa en el carbón natural favoreciendo la aparición de superficies internas.
3. Las propiedades superficiales que se obtienen como resultado dependen del material inicialmente empleado y del proceso exacto de elaboración.

Hay que tener en cuenta que el tipo de material con el que se produce el carbón activado puede afectar al tamaño de los poros y a las características de regeneración del carbón activado. Tras el proceso de activación, el carbón se puede separar o dividir en diferentes tamaños con diferentes capacidades de adsorción. Existen dos tipos de carbón activado uno es carbón activado en polvo ($\leq 0.25\text{mm}$) y carbón activado granular ($\geq 0.25\text{mm}$) (Sevilla, 2016).

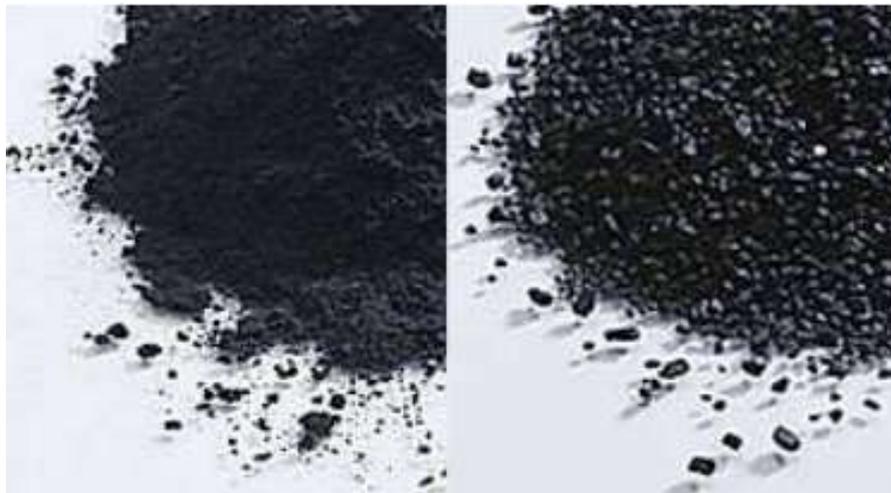


Figura 2. Tipos de Carbón Activado: en polvo (izquierda), granular (derecha) **Fuente:** (Sevilla, 2016)

Características que tiene el Carbón Activado

El carbón activado se caracteriza por su gran superficie específica, interna, y su porosidad, su estructura capilar, que definen sus propiedades de adsorción, que dependen a su vez de la forma de obtención del carbón activado, de su estructura física y de alguna manera de su grado de refinación, los carbones activados están incluidos dentro del grupo de carbones de estructura amorfa, estos presentan una estructura microcristalina la que depende de las condiciones de preparación, asemejándose a la estructura del grafito.

La estructura del carbón activado es menos ordenada que la del grafito, debido a que los cristalitos elementales del carbón activado, de origen vegetal, tienen orientación completamente al azar, cuyos lados paralelos no están perfectamente orientados con respecto a un eje común perpendicular; asimismo, el desplazamiento angular de una con respecto a la otra es totalmente al azar y las capas de carbón se superponen una con otra de manera irregular. Otro tipo de estructura presente en el carbón activado se describe como un red o estructura reticular, eslabonada formando hexágonos desordenados de carbono, lo que provoca la desviación de los planos de las capas de carbón. (Gonzales & Teruya, 2004)

Conociendo sobre investigaciones realizadas a nivel internacional y nacional y teniendo en cuentas distintos conceptos que se mencionan anteriormente; podemos decir que la presente investigación se centrará en estudiar el Porcentaje de Remoción de Metales Pesados en Aguas Contaminadas de Ríos utilizando Carbón Activado Vegetal; esto se lleva acabo con diversos propósitos, uno de ellos es porque se quiere conocer el porcentaje de remoción que tienen los carbones activados vegetales en la

remoción de metales pesados del agua, la cual se llevará a cabo mediante la recolección de información necesaria para la investigación, el análisis de la información, y el procesamiento de la información encontrada con la finalidad de que se pueda avalar la investigación con información confiable y científica para el desarrollo de esta. La segunda razón de dicha investigación es para poder brindar una alternativa novedosa y eco-amigable en la remoción de metales pesados de aguas, ya que a la actualidad existen muchas técnicas para remover metales de aguas contaminadas pero estas técnicas para que se puedan aplicar son de costos muy elevados; por ende, esta investigación aparte de ser novedosa y eco-amigable con el ambiente, es sobre todo una alternativa de bajo costo con la que se busca orientar a que diversos investigadores que quieren dar una solución a la contaminación de aguas por metales, la tomen en cuenta y se lleve a cabo para resolver esta problemática que día a día viene teniendo un gran impacto en el mundo; así mismo que esta investigación sirva como base a los investigadores para usar residuos vegetales en la producción de carbones activados vegetales y aplicarlos al tratamiento de aguas contaminadas con metales pesados.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la remoción de metales pesados en aguas contaminadas de ríos utilizando carbón activado vegetal?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Estudiar la remoción de metales pesados en aguas contaminadas de ríos utilizando carbón activado vegetal.

1.3.2. Objetivos específicos.

- Determinar qué tipo de carbón activado vegetal es más eficiente en la remoción de cadmio, cromo, plomo, molibdeno y cinc en aguas contaminadas de ríos.
- Determinar si la utilización del carbón activado es una buena alternativa de solución para la remoción de cadmio, cromo, plomo, molibdeno y cinc del agua.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

- El carbón activado de origen vegetal remueve en un 90 % metales pesados de aguas contaminadas.

1.4.2. Hipótesis específicas

- El carbón activado a partir de los 500 °C es más eficiente para la remoción de metales pesados del agua, que el carbón activado a menor temperatura.
- La utilización del carbón activado es una alternativa considerable para la remoción de metales pesados debida que remueve más del 90 % de los metales como plomo, cadmio, cromo, molibdeno y cinc del agua.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de Investigación

La presente investigación sistemática es de tipo documental - No Experimental cualitativa, básica, retrospectiva y transversal puesto que se ha analizado estudios previos que se relacionaron con la eficiencia que tienen los diferentes tipos de carbón activado para remover metales pesados que se encuentran contaminando el agua de los ríos, como lo menciona Agudelo, Aignerren y Ruiz (2008) una investigación no experimental es aquella que se realiza sin manipular deliberadamente variables, se basan en analizar e interpretar datos, situaciones ya existentes, sin alterar los estudios o datos primarios.

2.2. Población y muestra (materiales, instrumentos y métodos)

Población

La población se delimita teniendo en cuenta las cantidades de estudios o documentos, que abarquen el tema del estudio del porcentaje de la remoción de metales pesados en aguas contaminadas con la utilización de carbón activado, así mismo teniendo en cuenta a los metales en estudio, tales como plomo, cadmio, molibdeno entre otros. Para esta investigación se consideraron 30 estudios, los cuales abordaron el tema de remoción de metales pesados con carbón activado.

Muestra

La muestra es no probabilística, para ello se seleccionaron 10 artículos de los 30 estudios considerados para realizar nuestra investigación; los cuales se consideraron ya que estos estudios (tesis y artículos de revista) trataban sobre la remoción de metales pesados en aguas contaminadas utilizando diversos tipos de carbón activado vegetal.

Materiales

- Laptop HP de 15”
 - Procesador: Core I3
 - 8 GB de memoria RAM
 - Windows 10
- Internet de 2 Mbps de velocidad
- Celular con acceso a internet de alta velocidad.
- Libreta de apuntes.
- Lapiceros.

Métodos

Para desarrollar el presente trabajo de investigación, se realizó la búsqueda de información en los diversos buscadores tal como Google académico, Redalyc y Scielo. Para su selección se tuvo en cuenta aspectos importantes tales como el idioma español, en un rango de tiempo entre 2010 y 2020, así mismo que abarcaran el tema en estudio. En la búsqueda realizada se obtuvo el siguiente resultado 30 estudios relacionados con tema, sin embargo, a través de la selección de información por diversos criterios, se fueron descartando investigaciones hasta considerar los más

óptimos que fueron 10 estudios los que fueron aplicados en el desarrollo de la investigación.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Técnicas

- **Búsqueda de información**

Para poder desarrollar la investigación partimos desde la búsqueda de información en diversos buscadores y repositorios tales como Redalyc, Scielo, Google Académico, Repositorio de la Universidad Privada del Norte, Refseek, Dialnet, entre otros, a los que se pueda acceder; con la finalidad de poder encontrar toda la información necesaria para poder conocer sobre los diversos tipos de carbón activado que se producen con biomásas vegetales y al mismo tiempo conocer cuán eficientes son estos carbones activados para la remoción de metales pesados que se encuentren contaminando el agua.

- **Analítica**

En esta técnica se analiza detalladamente cada uno de los estudios y artículos encontrados; teniendo en cuenta para el análisis de la información, que el contenido de los estudios encontrados trate sobre carbones activados vegetales y del mismo modo que trate sobre la remoción de metales pesados aplicando carbones activados de origen vegetal. Este análisis se realiza con la finalidad de que la información buscada sirva para poder llegar al objetivo de esta investigación y al mismo tiempo para conocer sobre la diversidad de maneras que existen para remover metales pesados del agua de una manera amigable con el ambiente.

- **Gráfica**

Mediante esta técnica se podrá tener mayor control de la información buscada, ya que se organiza según los buscadores que se utilizaron, se podrá contabilizar la cantidad de artículos con los que se cuenta y de donde fue tomada la información; con el fin de comparar la información que se encuentra almacenada y saber cuál será utilizada para el desarrollo de la investigación.

2.4. Procedimiento

Procedimiento de recolección de la información

La investigación se realizó a través de revisión de la literatura científica, con el fin de recopilar, seleccionar e interpretar información que sirvió para responder a la pregunta: ¿Cuál es la remoción de metales pesados en aguas contaminadas de ríos utilizando carbón activado vegetal? A partir de esta interrogante se buscó obtener información acerca de los tipos de carbón activado que se pueden producir con biomásas vegetales y su efectividad para remover los metales pesados que estén presentes en aguas contaminadas con el fin de conocer cuál de esos tipos de carbones activados es el más rentable y eficiente para llevarlo a cabo.

Para realizar el estudio se tomó en cuenta todo tipo de información tanto en español como en inglés para así obtener toda la información posible para tomarla en cuenta en el desarrollo del tema. Se consultaron diferentes páginas educativas como el repositorio de la Universidad Privada del Norte y diversas páginas web confiables que brinden información fidedigna, por ejemplo, Google Académico, Redalyc, Refseek, Scielo y Dialnet.

En la recolección de información para este estudio se optó por buscar artículos publicados entre los años 2010 hasta el presente año, cuyo principal tema fue la eficiencia de los diferentes tipos de carbón activado producidos a partir de biomásas vegetales para la remoción de metales pesados que se encuentren presentes en el agua. Para luego buscar información a partir de las palabras clave: “producción de carbón activado” “carbón activado vegetal” “tipos de carbón activado” “remoción de metales pesados” “biomas absorbentes de metales” con el fin de encontrar información necesaria para desarrollar el estudio.

Para registrar los documentos encontrados que pueden servir para el desarrollo de nuestra investigación se utilizaron tablas y gráficos de Excel las que nos permitieron organizar de manera ordenada la diferente información encontrada en las diferentes páginas web confiables. Mencionadas tablas recogen la información de acuerdo a los siguientes aspectos: autor y año, título, diseño metodológico, fuente, país, y resumen, para que de esta manera contar con la información necesaria y se pueda llevar a cabo esta investigación.

Tabla 1

Ficha de recolección de Información.

Autor y año	Título	Diseño Metodológico	Fuente	País	Breve Resumen

Tabla utilizada para la recolección de información que será usada en el estudio.

Procedimiento de tratamiento y análisis de información

En la búsqueda de artículos e información en los diferentes repositorios, plataformas y páginas de internet confiables, obtuvimos un total de 30 estudios, los cuales fueron tesis, artículos de revistas, ensayos, entre otros. Dentro de ellos se pudieron distinguir dos grupos de artículos que se enfocan por un lado a la “Producción de Carbón Activado a partir de Biomásas Vegetales” y por otro lado artículos que trataban sobre “Remoción de Metales en Aguas Contaminadas”; para ser más específicos de los 30 estudios, 24 artículos fueron de Google Académico, 2 artículos de Redalyc y 4 artículos de Scielo. Finalmente, de los 30 estudios obtenidos se seleccionaron 10 artículos que se encontraban entre el periodo del 2010 a 2020 para ser revisados, evaluados y aplicados en el desarrollo de la investigación.

Tabla 2

Número de artículos considerados para la elaboración de la investigación.

<i>Años</i>	<i>Número de Artículos</i>		
	<i>Scielo</i>	<i>Google Académico</i>	<i>Redalyc</i>
2010	1	1	0
2011	0	0	0
2012	0	1	0
2013	0	1	0
2014	0	1	0
2015	0	0	0
2016	1	0	0
2017	0	1	0
2018	0	2	0
2019	0	0	1
2020	0	0	0

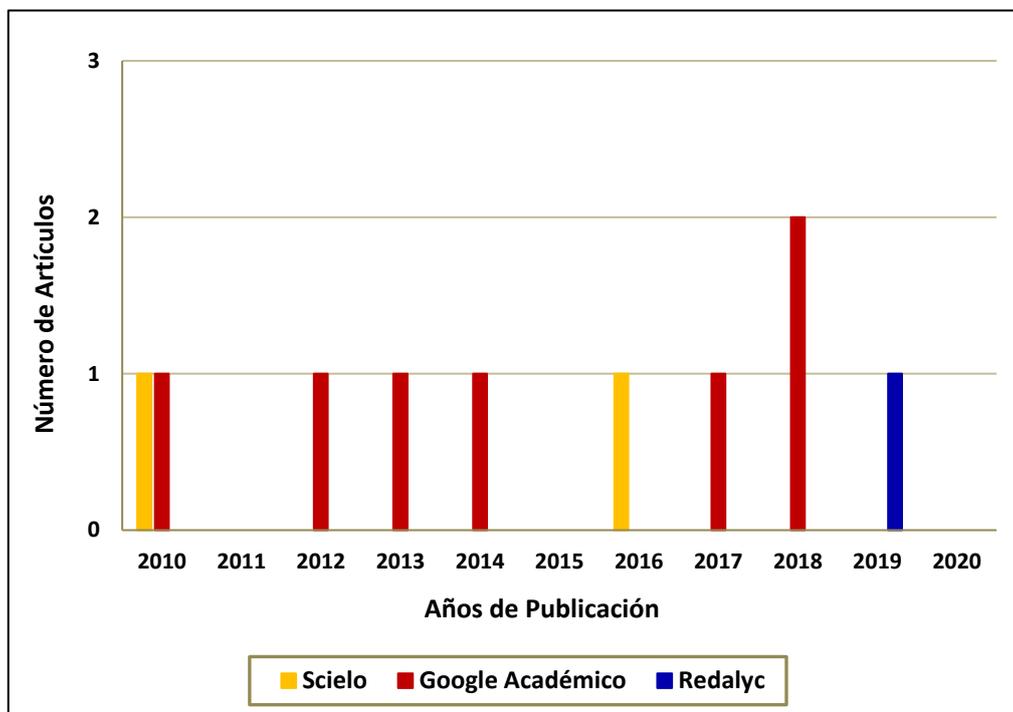


Figura 3. Número de artículos considerados para la elaboración de la Investigación.

Tabla 3

Porcentaje de artículos considerados para la elaboración de la Investigación.

Repositorios	Porcentaje de Artículos %
Scielo	20
Google Académico	70
Redalyc	10

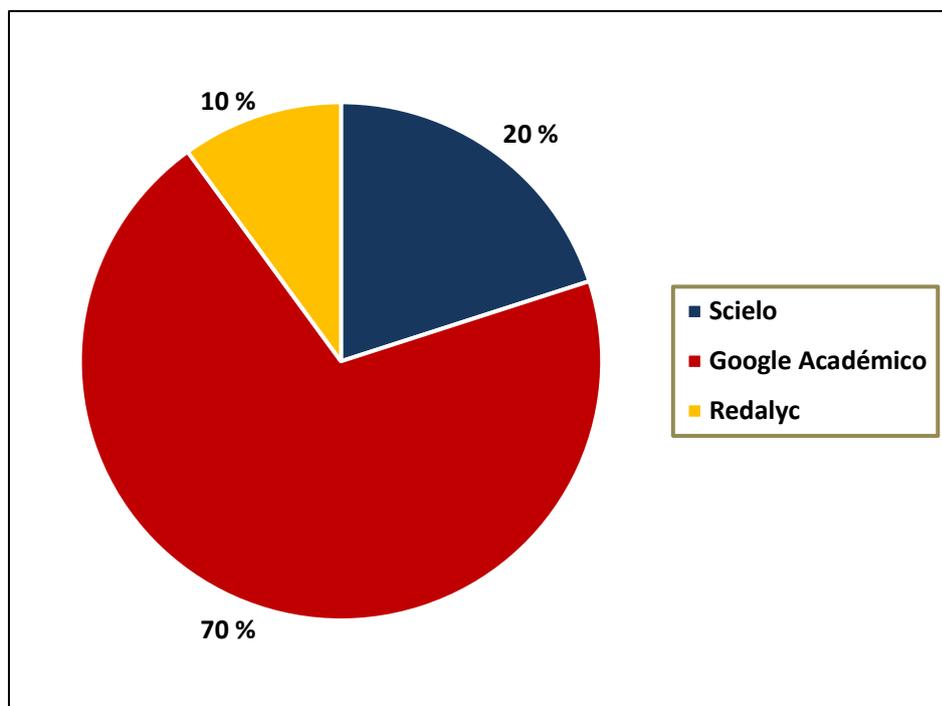


Figura 4. Porcentaje de artículos considerados para la elaboración de la Investigación

Para la selección de los artículos se tuvo en cuenta los siguientes criterios: Se acepta toda información de los artículos publicados entre el rango de los años 2010 a 2020; así mismo, artículos de páginas web confiables como los repositorios de Google Académico, Scielo y Redalyc, tanto en español como en inglés cuyos contenidos traten, por un lado, sobre “Producción de Carbón Activado a partir de biomásas vegetales” y por otro lado sobre “Remoción de metales en aguas contaminadas”.

Del mismo modo se excluyó toda información cuyo contenido no tenga relación con el tratamiento de aguas residuales y producción de carbón activado a partir de biomásas vegetales, quedándonos con un total de 10 estudios de los cuales se utilizó la información para el desarrollo del estudio.

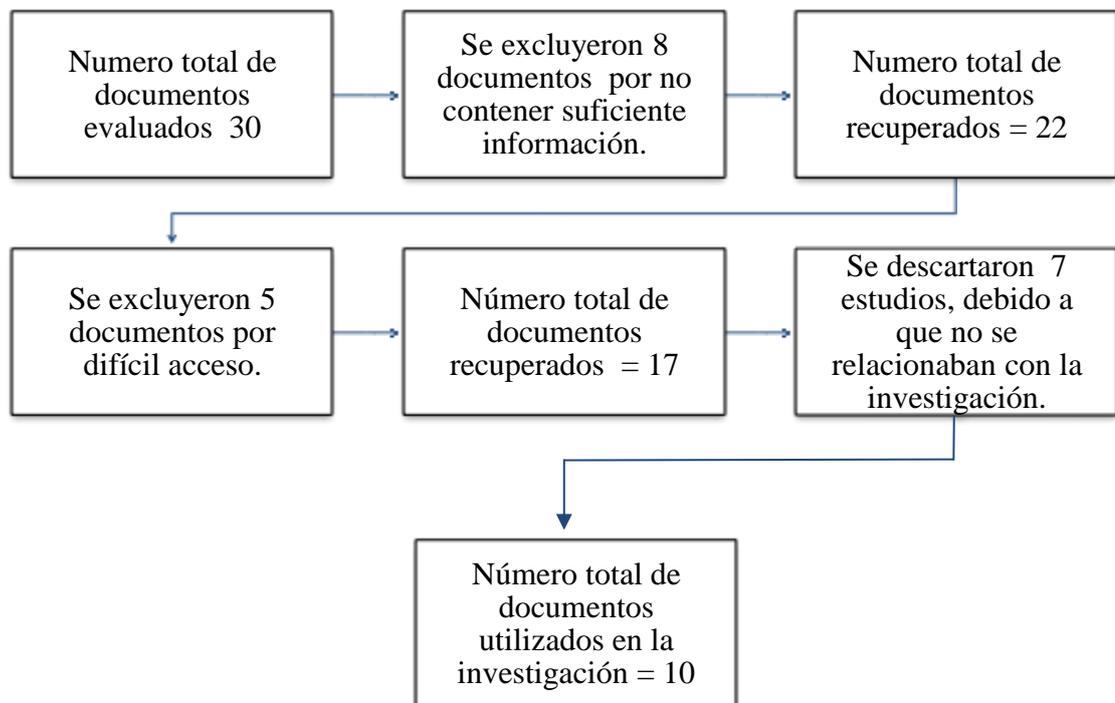


Figura 5. Diagrama de selección de los artículos para la investigación

Tabla 4

Artículos incluidos en el estudio.

Fuente	Tipo de Documento	País	Título
(Losada, Sotto, & Artunduaga, 2010)	Artículo científico	Colombia	Remoción de Cromo hexavalente utilizando cáscara de moringa como bio-absorbente
(Garzon & González, 2012)	Tesis	Colombia	Adsorción de Cr (VI) utilizando carbón activado a partir de Cáscara de Naranja.
(Lara, Tejada, Villabona, Arrieta, & Granados, 2016)	Artículo científico	Colombia	Absorción de Plomo y Cadmio en Sistema Continuo de Lecho Fijo sobre Residuos de Cacao
(Arhuis & Dorregaray, 2018)	Tesis	Perú	Aplicación de Carbón preparados desde las Cáscaras de la fruta Piña (Ananás Comosus) para remover metales pesados (Cd ²⁺ y Pb ²⁺) desde soluciones acuosas.
(Porras & Martinez, 2019)	Tesis	Perú	Adsorción del plomo mediante carbón activo de coronta de maíz de aguas contaminadas con relaves mineros
(Sepúlveda, 2014)	Tesis de Maestría	México	Producción de Carbón Activado a partir de la Cáscara de Frijol de Soya para su aplicación como adsorbente en el Tratamiento de Aguas Residuales.
(Lavado, Sun Kou, & Bendezú, 2010)	Artículo Científico	Perú	Adsorción de Plomo de Efluentes Industriales usando Carbones Activados con H ₃ PO ₄
(Ramírez, Martínez, & Fernández, 2013)	Artículo Científico	Colombia	Remoción de Contaminantes en Aguas Residuales Industriales empleando Carbón Activado de Pino Pátula.
(Burgos & Jaramillo, 2015)	Tesis	Ecuador	Aprovechamiento de Residuos de Cacao y Coco para la obtención de Carbón Activado, en el Cantón Milagro, Provincia del Guayas.
(Janqui, 2018)	Tesis Doctoral	Perú	Remoción de Molibdeno del agua del Río Challhuahuacho de Cotabambas – Apurímac con carbón activado de Tusa de maíz (Zea Mays)

Aspectos éticos

En la presente investigación los aspectos éticos se aplican desde los inicios de esta investigación es decir desde la elección y formulación de tema, desarrollo y finalización de la investigación. Los aspectos éticos presentes en la investigación son:

- El respeto, se aplicó al elegir el tema de investigación, esto al averiguar que no se haya desarrollado un tema igual, así mismo al insertar información respectivamente citada y bibliografía para contrarrestar la información que se quiere dar en esta investigación.
- Justicia, está presente en el actuar al momento de elegir la información de tesis, artículos científicos, entre otros, que abarque el tema de carbones activados vegetales, y así mismo la eficiencia que tuvieron en sus estudios y no incluir investigaciones que no estén relacionados.
- Veracidad ya que en el momento de considerar la información no sea alterada de ninguna manera ni mal influenciada; para que de tal manera pueda ser contrastable

CAPÍTULO III. RESULTADOS

Mediante el análisis de la información que se ha recolectado y se ha revisado minuciosamente de los diferentes autores que realizaron trabajos con carbón activado para remover metales, podemos decir que las biomásas vegetales son una gran alternativa para elaborar carbón activado y sobre todo que estos materiales lo encontramos en nuestro alrededor. De acuerdo a la información analizada de estudios previos presentamos la tabla 5, en la cual se dan a conocer los diferentes tipos de carbón activado, el autor, el metal que remueven y el material con el cual fueron elaborados.

Tabla 5

Tipos de Carbón Activado para remover Metales Pesados.

Tipo de Carbón activado	Autor	Metal Removido	Material de elaboración
Carbón Activado de Cáscaras de Piña	Arhuis & Dorregaray (2018)	Cadmio (Cd)	Cascaras de Piña
Carbón Activado de Residuos de Cacao	Lara, et al. (2016)	Cadmio (Cd)	Cáscaras de Cacao
Carbón Activado de Cáscara de Naranja	Garzon & Gonzáles (2012)	Cromo (Cr)	Cáscaras de Naranja
Carbón Activado de Cáscaras de Moringa	Losada, et al. (2010)	Cromo (Cr)	Cáscaras de Moringa
Carbón Activado de la Tusa de Maíz	Janqui (2018)	Molibdeno (Mo)	Tusa de Maíz
Carbón Activado de Astillas de Eucalipto	Lavado, et al. (2010)	Plomo (Pb)	Madera de Eucalipto (Astillas)
Carbón Activado de Cáscaras de Piña	Arhuis & Dorregaray (2018)	Plomo (Pb)	Cascaras de Piña
Carbón Activado de Residuos de Cacao y Coco	Burgos & Jaramillo (2015)	Plomo (Pb)	Cascaras de Cacao y Coco
Carbón Activado de Coronta de Maíz	Porras & Martínez (2019)	Plomo (Pb)	Tusa de Maíz
Carbón Activado de Cáscaras de Frijol de Soya	Sepúlveda (2014)	Zinc (Zn)	Cáscaras de Frijol de Soya
Carbón Activado Pino Pátula	Ramírez, et al. (2013)	Zinc (Zn)	Madera de Pino Pátula

Los 11 carbones activados de origen vegetal y el metal que estos removieron.

A partir de la tabla anterior se empieza a detallar las características de cada uno de los carbones activados elaborados a partir de biomásas vegetales, así como también se da a conocer el porcentaje de remoción que tienen sobre los metales que se evaluaron. Por otro lado, se estarán comparando con otros tipos de carbones activados que remuevan el mismo metal y así conocer cuál de ellos es más efectivo en la remoción de metales pesados.

3.1. Eficiencia de los carbones activados para remover cadmio (Cd)

En la tabla 6, se comparan dos carbones activados producidos a partir de cáscaras de Naranja y de Cáscaras de Cacao, los cuales remueven Cadmio (Cd), donde el carbón activado de cáscara de naranja tiene un mayor porcentaje de remoción siendo de 98.64 %.

Tabla 6

Carbones activados para remover cadmio (Cd) de aguas contaminadas.

Tipo de Carbón	Autor	Características	Metal que Remueve	Porcentaje de Remoción
Carbón Activado de Cáscara de Piña	Arhuis & Dorregaray (2018)	T° de Activación: 600°C	Cadmio (Cd)	98.64%
		pH: 3		
		Tipo: Carbón Granular		
		Origen: Fruta (Cáscara de Piña)		
		Tamaño de Partícula: 0.298mm		
Carbón Activado de Residuos de Cacao	Lara, et al. (2016)	T° de Activación: 500°C	Cadmio (Cd)	87.8%
		pH: 6		
		Tipo: Carbón Granular		
		Origen: Mazorca de Cacao		
		Tamaño de Partícula: 0.5mm		

En la figura 6 se presenta el porcentaje remoción, de dos tipos de carbones activados vegetales, en la cual podemos notar que en el estudio realizado por Arhuis y Dorregaray (2018) sobre el carbón activado de cáscaras de piña remueve en un 98.64 % el Cadmio, mientras que Lara, et al. (2016) en su estudio sobre el carbón activado de residuos de Cacao nos da a conocer que este tipo de carbón remueve un 87.80 % el Cadmio del agua contaminada. Siendo el primero el que tiene la mayor capacidad de remover este metal pesado.

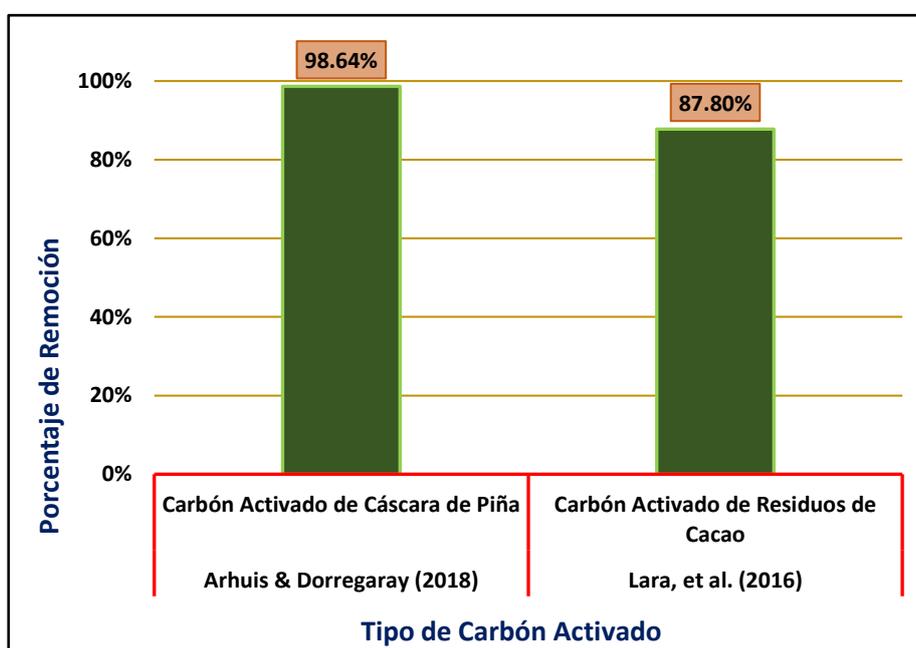


Figura 6. Porcentaje de remoción de cadmio (Cd) con carbones activados de biomasa vegetal.

3.2. Eficiencia de los carbones activados para remover cromo (Cr)

En la tabla 7, se dan a conocer las características de dos carbones activados elaborados a partir de biomasa vegetal, uno de ellos producido con cáscaras de Naranja y el otro producido con las cáscaras de Moringa. En esta tabla también se comparan estos carbones activados para conocer cuál de los dos es más eficiente para remover Cromo (Cr) de aguas contaminadas.

Tabla 7

Carbones activados para remover cromo (Cr) de aguas contaminadas.

Tipo de Carbón	Autor	Características	Metal que Remueve	Porcentaje de Remoción
Carbón Activado de Cáscaras de Naranja	Garzon & Gonzáles (2012)	T° de Activación: 600°C	Cromo (Cr)	98 %
		pH: 3		
		Tipo: Carbón Granular		
		Material: Fruta (Cáscaras de Naranja)		
		Tamaño de Partícula: 0.325 mm		
Carbón Activado de Cáscaras de Moringa	Losada, et al. (2010)	T° de Activación: 450°C	Cromo (Cr)	98 %
		pH: 7		
		Tipo: Carbón Granular		
		Material: Cáscaras Moringa		
		Tamaño de Partícula: ≤0.420mm		

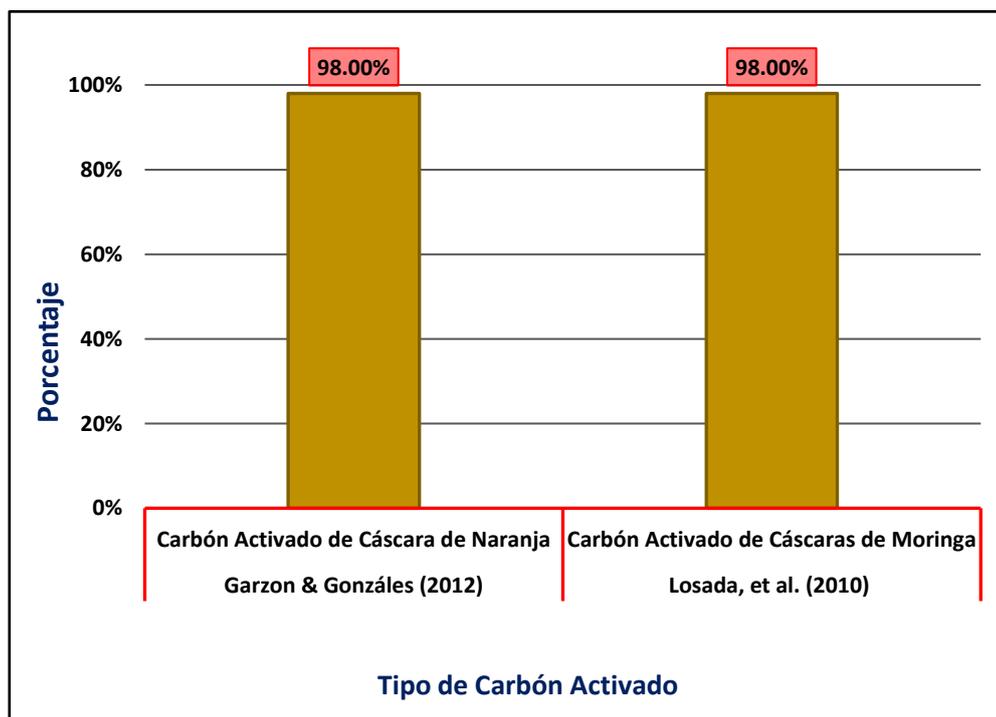


Figura 7. Porcentaje de Remoción de Cromo (Cr) con Carbones Activados de Biomasa Vegetal.

En la figura 7 se presentan dos investigaciones que estudian los porcentajes de remoción de Cromo (Cr); el estudio realizado por Garzón y Gonzales (2012) sobre el carbón activado elaborado a partir de Cáscaras de Naranja remueve un 98 % y el estudio realizado por Losada, et al. (2010) sobre el carbón activado de Cáscaras de Moringa que también remueve en un 98 % el cromo, por lo cual podemos decir que ambos carbonos presentan la misma capacidad de remover un metal tan peligroso como es el Cromo del agua.

3.3. Eficiencia del carbón activado para remover molibdeno (Mo)

En la tabla 8, se presentan por un lado las características del carbón activado producido a partir de la tusa de Maíz y por otro lado se presenta el porcentaje de remoción con el que este carbón remueve el metal pesado (Molibdeno) de aguas contaminadas.

Tabla 8

Carbón activado para remover molibdeno (Mo) de aguas contaminadas.

Tipo de Carbón	Autor	Características	Metal que Remueve	Porcentaje de Remoción
Carbón Activado de Tusa de Maíz	Janqui (2018)	T° de Activación: 900°C	Molibdeno (Mo)	90.5 %
		pH: 9		
		Tipo: Carbón en Polvo		
		Material: Tusa de Maíz		
		Tamaño de Partícula: 500-700nm		

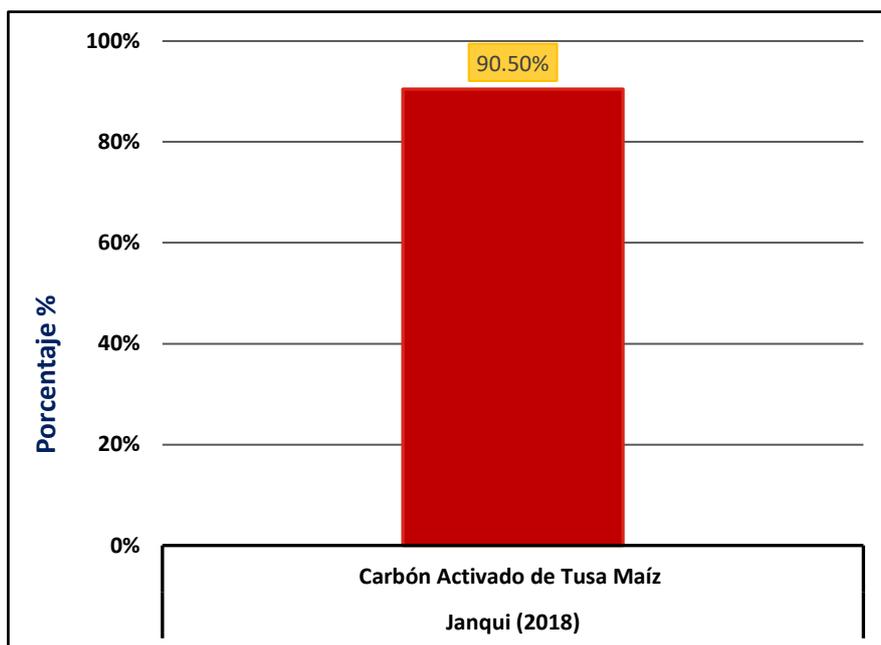


Figura 8. Porcentaje de remoción de molibdeno (Mo) con carbón activado de biomasa vegetal.

En la figura anterior se representa el porcentaje de remoción que tiene el carbón activado elaborado a partir de la tusa de Maíz, dónde Janqui (2018) en su estudio obtuvo que este carbón activado remueve en un 90.50 % el Molibdeno de aguas contaminadas. Y a partir de esta gráfica podemos decir que este tipo de carbón activado es eficiente para tratar aguas contaminadas con molibdeno.

3.4. Eficiencia de los carbones activados para remover plomo (Pb)

En la tabla 9, se presentan las características de cuatro carbones activados elaborados a partir de biomasa vegetal; el primer carbón producido con astillas de eucalipto, como segundo carbón activado de cáscaras de Piña, el tercer carbón elaborado con cascaras de Naranja y un cuarto carbón elaborado con la coronta de maíz los cuales tienen la capacidad de remover el plomo de aguas contaminadas; al

mismo tiempo se dan a conocer los porcentajes de remoción de mencionado metal que tienen cada uno de los carbones activados.

Tabla 9

Carbones activados para remover plomo (Pb) de aguas contaminadas.

Tipo de Carbón	Autor	Características	Metal que Remueve	Porcentaje de Remoción
Carbón Activado de Astillas de Eucalipto	Lavado, et al. (2010)	T° de Activación: 600°C	Plomo (Pb)	99.9 %
		pH: 5		
		Tipo: Carbón en Polvo		
		Material: Astillas de Eucalipto		
		Tamaño de Partícula: 0.20mm		
Carbón Activado de Cáscaras de Piña	Arhuis & Dorregaray (2018)	T° de Activación: 600°C	Plomo (Pb)	87.65 %
		pH: 3		
		Tipo: Carbón Granular		
		Material: Fruta (Cáscaras de Piña)		
		Tamaño de Partícula: 0.298mm		
Carbón Activado de Residuo de Coco y Cacao	Burgos & Jaramillo (2015)	T° de Activación: 200°C	Plomo (Pb)	36.8 %
		pH: 6		
		Tipo: Carbón Granular		
		Material: Cáscaras de Coco y Cacao		
		Tamaño de Partícula: 0.39mm		
Carbón Activado de Coronta de Maíz	Porras & Martínez (2019)	T° de Activación: 500°C	Plomo (Pb)	86.73 %
		pH: 5		
		Tipo: Carbón Granular		
		Material: Coronta de Maíz (Tusa)		
		Tamaño de Partícula: 0.425 mm		

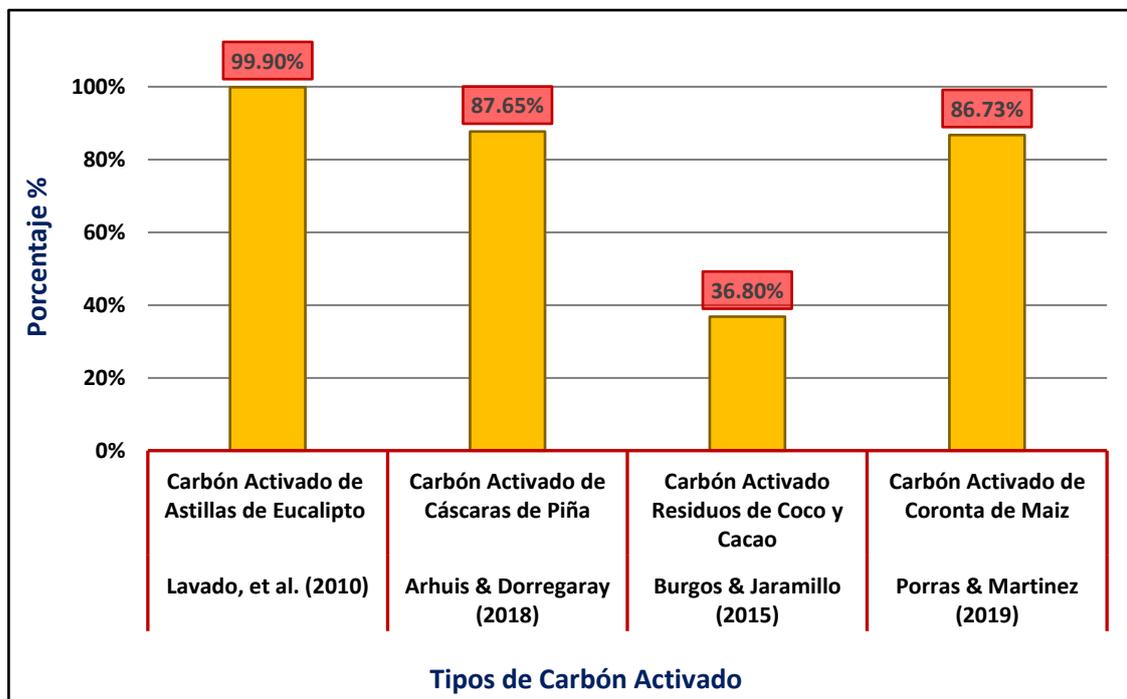


Figura 9. Porcentaje de remoción de plomo (Pb) con carbones activados de biomasa vegetal.

Según la figura 9 se observa que Lavado, et al. (2010) en su estudio obtuvo una remoción de Plomo de un 99.90 %; mientras que Arhuis y Dorregaray (2018) en su estudio nos da a conocer que utilizando carbón activado elaborado a partir de Cáscaras de Piña obtuvo una remoción de Plomo de 87.65 %; siguiendo con la secuencia Porras y Martinez (2019) en su investigación sobre la utilización de carbón activado de la Coronta de Maíz obtuvo que este carbón remueve en un 86.73 % el plomo de aguas contaminadas. Mientras que Burgos y Jaramillo (2015) en su estudio sobre la remoción de plomo de aguas contaminadas con carbón activado elaborado a partir de residuos de Coco y Cacao obtuvo un porcentaje de remoción de 36.80 %; a partir de esto podemos deducir que los tres tipos de carbones activados son eficientes

para remover este metal ya que se encuentran entre un rango de 85 % y 99 % de remoción.

3.5. Eficiencia de los carbones activados para remover cinc (Zn)

En la tabla 10, se comparan los carbones activados producidos a partir de la Cáscaras de Frijol de Soya y el otro elaborado a partir de la madera de Pino Pátula, ambos carbones activados remueven Cinc (Zn), en esta tabla se detallan las características que tienen estos dos tipos de carbones activados y se comparan con el fin los conocer cuál de ellos tiene mayor porcentaje de remoción de mencionado metal.

Tabla 10

Carbones activados para remover cinc (Zn) de aguas contaminadas.

Tipo de Carbón	Autor	Características	Metal que Remueve	Porcentaje de Remoción
Carbón Activado de Cáscaras de Frijol de Soya	Sepúlveda (2014)	T° de Activación: 650°C	Cinc (Zn)	18.76 %
		pH: 9		
		Tipo: Carbón Granular		
		Material: Cáscara de Frijol		
		Tamaño de Partícula: 0.6 y 1 mm		
Carbón Activado de Pino Pátula	Ramírez, et al. (2013)	T° de Activación: 400°C	Cinc (Zn)	82 %
		pH: 5		
		Tipo: Carbón Granular		
		Material: Madera - Pino Pátula		
		Tamaño de Partícula: 2mm		

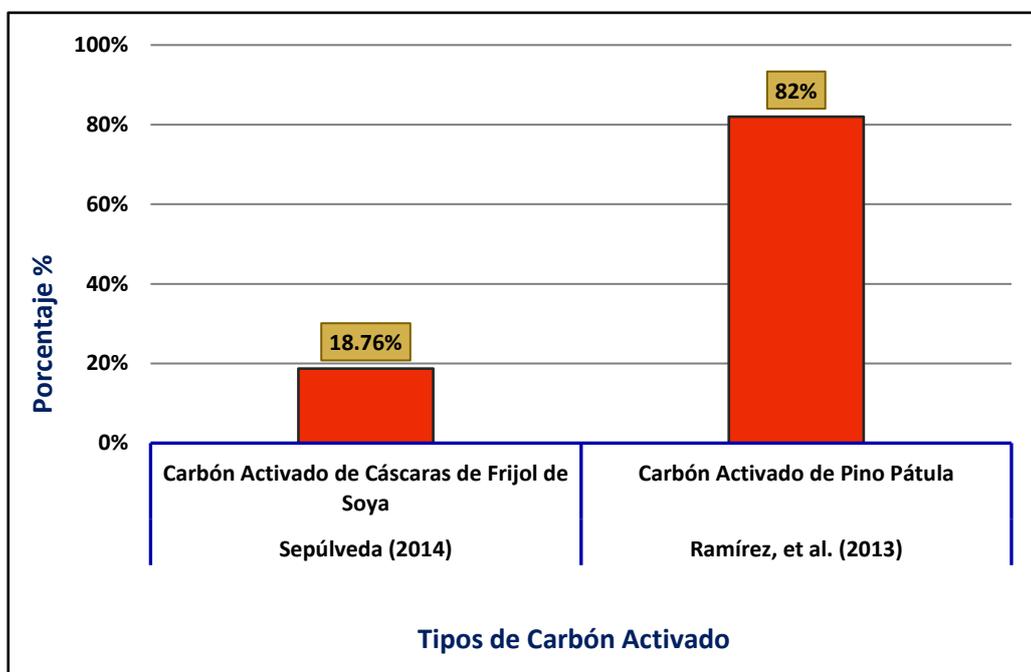


Figura 10. Porcentaje de remoción de cinc (Zn) con carbones nactivados de biomasa vegetal.

En la figura 10 se representa el porcentaje de remoción que tienen los dos tipos de carbón activado para retener el Cinc (Zn) de aguas contaminadas, siendo el que mejor retiene este contaminante el carbón activado elaborado a partir de la madera de Pino Pátula con un valor de 82 % (Sepúlveda, 2014); mientras que Ramírez, et al. (2013) en su estudio sobre el carbón activado elaborado a partir de las cáscaras de frijol de soya obtuvo un porcentaje de un porcentaje de remoción de 18,76 %. Siendo el primero el carbón activado que remueve mejor al contaminante del agua.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

En la discusión de resultados de esta investigación se tomará en cuenta la información de los archivos considerados en este estudio; así mismo se plasmó en cuadros y gráficas, para poder realizar la discusión y análisis de esta investigación:

Según la tabla 6, Arhuis, et al (2018), presenta datos tomados en cuenta para la remoción de Cadmio, el Carbón Activado de Cáscara de Piña tiene una eficiencia de remoción de 98.64 %, debido a que su temperatura de activación de 600 °C y con un pH 3; en comparación con el estudio de Lara, et al (2016), el Carbón Activado de Residuos de Cacao, con una temperatura de activación de 500 °C y pH 6; remueve en un 87.8 % el Cadmio. Podemos decir que los factores que influyen para la remoción de este contaminante (Cadmio) del agua, son la temperatura de activación y el pH.

En la tabla 7, Garzon y Gonzales (2012), presenta características que se debe de tener en cuenta para la remoción de Cromo (Cr), a partir del Carbón Activado de Cáscaras de Naranja, a una temperatura de Activación de 600 °C y un pH 3, se tiene una remoción de 98 % de cromo; en comparación al estudio realizado por Losada, et al. (2010), el Carbón Activado de Cáscaras de Moringa, con temperatura de Activación de 450 °C y un pH 7 se tiene una remoción de Cr de 98 %; estos dos tipos de carbón activado tienen gran variabilidad en lo que respecta a la temperatura de activación y al pH; pero tiene el mismo porcentaje de remoción de Cromo de las

aguas contaminadas, lo que implica que ambos pueden ser usados para tratar aguas contaminadas con cromo.

Para el caso del Molibdeno en la tabla 8, Janqui (2018), muestra que el carbón activado de Tusa de Maíz remueve en un 90.5 % del mencionado metal, a una temperatura de activación de 900 °C y con un pH 9; en comparación al cuadro número 9 del estudio realizado por Porras y Martínez (2019), el Carbón Activado de Coronta de Maíz, pero este también usado para remover Plomo donde se obtuvo un 86.73 % de remoción de este metal, a una temperatura de activación de 500 °C y un pH 5. Para esta variabilidad de porcentajes de remoción influyen la temperatura de activación, el pH y al tipo de metal a remover.

En el caso de Plomo según la tabla 9, se presentan cuatro tipos de carbones activados, el que tiene mayor porcentaje de remoción es el estudio realizado por Lavado, et al. (2010) sobre la utilización de Carbón Activado elaborado a partir de Astillas de Eucalipto, con una temperatura de activación de 600 °C y un pH 5; en comparación a los demás carbones éste es el más eficiente. Mientras que Burgos y Jaramillo (2015), en su estudio presenta menor porcentaje de remoción con el Carbón Activado de Residuo de Coco y Cacao, el cual remueve plomo en un 36.8 %, a una temperatura de activación de 600 °C y un pH 6; a partir de estos datos podemos decir que el pH y la Temperatura de Activación influyen en la remoción del plomo de aguas contaminadas con mencionado metal.

Con respecto al Cinc; en la tabla 10, Sepúlveda (2014), se tiene una notoria variabilidad con respecto a la remoción de este metal; el Carbón Activado de Cáscaras de Frijol de Soya, a una temperatura de activación de 650 °C y un pH 9,

remueve en un 18.76 % el Zinc; a comparación del estudio de Ramirez, et al. (2013), el Carbón Activado de Pino Pátula, a una temperatura de activación de 400 °C y un pH 5, remueve el 82 % de Zinc. La variabilidad de porcentajes es muy notoria; así mismo los factores como la temperatura de activación y el pH son determinantes para la remoción de mencionado metal.

Limitaciones

Para poder realizar esta investigación, en el transcurso que se desarrollaba se tuvo ciertas limitaciones una de ellas es la escasez de información sobre el tema que se está desarrollando, debido a que es un tema novedoso pero muy poco investigado y utilizado.

Otra de las limitaciones es el acceso a los archivos que contienen información semejante a lo que se requiere, ya que los archivos pueden estar en otro idioma que no es el español y esto dificulta esta investigación; así mismo, dichos archivos cuentan con una privacidad de los repositorios donde se encuentran y se debe obtener algún registro o clave para poder acceder a estos.

La limitación más notoria que se tiene al realizar el análisis documentos de las investigaciones, es la usencia de ciertos datos importantes dentro del contenido de la investigación; por ejemplo, en el caso de los carbones activados vegetales los autores no colocan el tipo de porosidad, el pH, o cual fue la temperatura de activación de dichos carbones; la usencia de mencionados datos dificulta la realización de esta investigación.

Los servicios de internet con el cual contamos es un factor primordial para realizar esta investigación, y en estos tiempos de crisis donde en su mayoría de la población la utiliza, ésta se satura y al realizar alguna investigación se nos complica y dificulta para poder realizar la búsqueda de información que se requiere.

La última limitación y no menos importante en este trabajo es el tiempo, este es limitado debido a que se tiene poco tiempo para realizar esta investigación; así mismo, realizar otras labores (trabajar) que se pueda presentar, también limita el desarrollo de la investigación.

Implicancias

Al realizar una búsqueda y análisis de información se puede contraer muchos impactos, ya sea positivos y también porque no decirlo negativos. En las investigaciones pueden tener muchos aspectos positivos, los cuales son beneficiosos para los diversos investigadores y para cualquier persona que se interese en algún tema en común; como también, pueden existir implicancias negativas, las que servirán para mejorar la investigación. En este trabajo de investigación las principales implicancias son las siguientes:

- La investigación sobre la utilización de carbones activados vegetales para la remoción de metales pesados sirve en un primer lugar como referente para otras investigaciones, ya que se presenta datos reales y verificables de otros estudios realizados previamente.
- Para los investigadores de técnicas eco-amigables, esta investigación les puede beneficiar de una manera sorprendente ya que pueden considerar la remoción de metales con carbones activados vegetales como una de las

alternativas muy considerables, ya que los resultados son muy eficientes demostrados en porcentajes de dicha remoción.

El impacto más sorprendente que podría tener esta investigación puede ser en la población aledaña a las aguas alteradas por metales pesados; ya que esta investigación la pueden se puede ejecutar, y alguna manera beneficiar a la población que no cuente cuenta con agua para el consumo humano, ni para la agricultura, debido a que dichas aguas no cumplen con los parámetros requeridos para el uso que quieren darle.

4.2. Conclusiones

- La remoción de metales pesados en aguas contaminadas de ríos utilizando carbones activados de origen vegetal, sobrepasan el 50 % de remoción de metales pesados, tal es el caso del carbón activado elaborado a partir de la cáscara de piña, que remueve en un 98.64 % el Cadmio (Cd); los carbones activados elaborados a partir de las cáscaras de Naranja y las cáscaras de Moringa, remueven en un 98 % el Cromo (Cr) de aguas contaminadas; el carbón activado elaborado a partir de la Tusa de Maíz, que remueve el 90.5 % el Molibdeno (Mo); el carbón activado producido a partir de las Astillas de Eucalipto, remueve en un 99.9 % el Plomo (Pb) de aguas contaminadas por ese metal y por último el carbón activado elaborado a partir de la madera del Pino Pátula, remueve en un 82 %, el Zinc (Zn) de aguas contaminadas.

- Entre los diferentes carbones activados de origen vegetal que se analizaron se pudo determinar a tres carbones activados con altos porcentajes de remoción uno de ellos es Carbón Activado de Tusa de Maíz con 90.5 % de remoción de Molibdeno (Mo), así mismo el Carbón Activado de Cáscaras de Naranja 98 % de remoción de Cromo (Cr), sin embargo, el más eficiente y con un alto porcentaje de remoción fue el Carbón Activado de Astillas de Eucalipto 99.9% de Plomo (Pb).

- La utilización de biomasa vegetal utilizada en la elaboración de carbones activados es una gran alternativa ecoamigable, teniendo como base los altos porcentajes que superan el 90 % de remoción en aguas contaminadas, entonces se puede decir que es una buena alternativa de solución a la gran problemática ambiental que se viene viviendo debido a la alta contaminación por metales pesados que alteran la composición del recurso hídrico.

REFERENCIAS

- Agudelo, G., Aignerren, M., & Ruiz, J. (2008). EXPERIMENTAL Y NO-EXPERIMENTAL. *La Sociología En Sus Escenarios*(18). Obtenido de <https://revistas.udea.edu.co/index.php/ceo/article/view/6545/5996>
- Aguilar, A., Navarrete, D., Quijano, N., Vélez, C., & Menéndez, J. M. (22 de Julio de 2016). *researchgate*. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Alby_Aguilar/publication/307090107_Remocion_de_contaminantes_presentes_en_aguas_superficiales_empleando_carbon_activado_generado_a_partir_de_materiales_de_desecho_agroindustrial/links/582b8ff508ae138f1bf4ae8c/Remocion-
- Albis, A. R., Ortiz, J. D., & Martínez, J. E. (2017). Remoción de Cromo Hexavalente de Soluciones Acuosas usando Cáscara de yuca (Manihot esculenta): Experimentos en Columna. *INGE CUC*, 13(1), 42-52. Obtenido de <http://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/2480/Remoci%C3%B3n%20de%20cromo%20hexavalente%20de%20soluciones%20acuosas%20usando%20c%C3%A1scara%20de%20yuca%20%28Manihot%20esculenta%29%20Experimentos%20en%20columna.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Arhuis , V. M., & Dorregaray, H. Y. (2018). *Aplicación de Carbón preparados desde las Cáscaras de la Fruta Piña (Ananás Comosus) para remover Metales Pesados (Cd²⁺ y Pb²⁺) desde soluciones acuosas [Tesis, Univercidad del Centro del Perú]*. Huancayo: Repositorio Institucional UNCP. Obtenido de <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/4933/Dorregaray%20De%20La%20Cruz%20.pdf?sequence=1>
- Asimbaya, C., Rosas, N., Endara, D., & Guerrero, V. H. (2015). Obtención de Carbón Activado a partir de Residuos Lignocelulósicos de Canelo, Laurel y Eucalipto.

Revista Politécnica, 36(3). Obtenido de

http://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/537

Bravo, K. I., & Garzon, A. R. (2017). *Eficiencia del Carbon activado procedente del residuo agroindustrial de coco (Cocos nucifera) para remocion de contaminantes en agua.*

Tesis, Calceta. Obtenido de <http://190.15.136.145/handle/42000/606>

Bravo, K. I., & Garzón, A. R. (2017). *Eficiencia del Carbón Activado Procedente del Residuo Agroindustrial de Coco (Cocos nucifera) para Remoción de Contaminantes en Agua [Tesis de Licenciatura, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de*

Manabí, Manuel Félix López]. Ecuador: Repositorio Institucional ESPAMMFL.

Obtenido de

http://190.15.136.145/bitstream/42000/606/1/TMA124.pdf?fbclid=IwAR0UzO8tWurp9BPDHDHZ3P6k7Zc1slcSCD1_6Rth04O2YRydyi8KYHsIUdo

Burgos, G. E., & Jaramillo, J. L. (2015). *Aprovechamiento de los residuos de Cacao y Coco para la obtención de Carbón Activado, en el Cantón Milagro, Provincia del Guayas*

[Tesis, Universidad de Guayaquil]. Guayaquil: Repositorio Institucional -

Universidad de Guayaquil - Ecuador. Obtenido de

[http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/8941/1/BCIEQ-T-](http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/8941/1/BCIEQ-T-0114%20Burgos%20Campuzano%20Gabriela%20Elizabeth%3b%20%20Jaramillo%20Quiroz%20Jomayra%20Lorena.pdf)

[0114%20Burgos%20Campuzano%20Gabriela%20Elizabeth%3b%20%20Jaramillo%20Quiroz%20Jomayra%20Lorena.pdf](http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/8941/1/BCIEQ-T-0114%20Burgos%20Campuzano%20Gabriela%20Elizabeth%3b%20%20Jaramillo%20Quiroz%20Jomayra%20Lorena.pdf)

Cardona, A. F., Cabañas, D. D., & Zepeda, A. (2013). Evaluación del poder biosorbente de cáscara de naranja para la eliminación de metales pesados, Pb (II) y Zn (II).

Ingeniería, 1-9. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46729718001>

Carriazo, J. G., Saavedra, M. J., & Molina, M. F. (2010). Propiedades Adsorptivas de un Carbón Activado y Determinación de la Ecuación de Langmuir Empleando

- Materiales de Bajo Costo. *Educación Química*, 21(3), 224-229. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/eq/v21n3/v21n3a7.pdf>
- Castro de Esperanza, M. L. (2016). *Minimización de riesgos para la salud por metales pesados en el agua de consumo humano*. Lima: Expo Agua Perú.
- Caviedes, D. I., Muñoz, R. A., Perdomo, A., Rodríguez, D., & Sandoval, I. J. (2015). Tratamientos para la Remoción de Metales Pesados Comúnmente Presentes en Aguas Residuales Industriales. Una Revisión. *Ingeniería y Región*, 73-90. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5432290>
- De la Cruz , D. D. (2018). *Bagazo de caña de azúcar (Saccharum Officinarum) activado con ácido fosfórico para la bioadsorción de plomo en las aguas del río Chillón - Puente Piedra, 2018 [Tesis, Universidad Cesar Vallejo]*. Lima: Repositorio Institucional UCV. Obtenido de http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/20199/DeLaCruz_LDDD.pdf?sequence=1&isAllowed=y&fbclid=IwAR294Y6CCmkuQg7TgWKz_kpwazhfhvvl-bViywYuXZQ1gsogmR5m0nVcuIY
- Espinoza, A. V. (2019). “*EVALUACIÓN DE LA CÁSCARA DE PIÑA (ANANÁS COMOSUS) DESHIDRATADA, COMO BIOSORBENTE DE METALES PESADOS EN AGUAS RESIDUALES SINTÉTICAS*”. Ecuador: Universidad de Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/40024/1/401-1362%20-%20Evaluac%20cascara%20de%20pi%C3%B1a%20deshidratada.pdf>
- FAO, O. d. (1996). Ecología y enseñanza rural. Nociones ambientales básicas para profesores rurales y extensionistas. *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/W1309S/w1309s06.htm#:~:text=EL%20AGUA->

,%C2%BFQu%C3%A9%20es%20el%20agua%3F,que%20existe%20en%20la%20Tierra.

Ferré Huguet, N., Schuhmacher, M., Llobet, J. M., & Domingo, J. L. (2007). Metales Pesados y Salud. *Mapfre Seguridad*, 108(4), 50-58. Obtenido de <https://www.mapfre.com/ccm/content/documentos/fundacion/prev-ma/revista-seguridad/n108-programa-hra-metales-pesados.pdf>

Ferrer, A. (2003). Intoxicación por Metales. *ANALES Sis San Navarra*, 26, 141-153. Obtenido de <http://scielo.isciii.es/pdf/asisna/v26s1/ocho.pdf>

García, N., Pedraza, J., Montalvo, J., Martínez, M., & Leyva, J. (2012). Evaluación preliminar de riesgos para la salud humana por metales pesados en las Baias de Buenavista y San Juan de los Remedios. *Revista Cubana de Química*, XXIV(2), 126-135. doi:<https://www.redalyc.org/pdf/4435/443543726004.pdf>

Garzón, J. A., & González, L. A. (2012). *Adsorción de Cr (VI) Utilizando Carbón Activado a Partir de Cáscara de Naranja [Tesis Doctoral, Universidad de Cartagena]*. Cartagena: Repositorio Institucional UdeC. Obtenido de <http://190.242.62.234:8080/jspui/bitstream/11227/68/1/Adsorci%C3%B3n%20de%20Cr%20%28VI%29%20a%20partir%20de%20c%C3%A1scara%20de%20naranja%20y%20carb%C3%B3n%20activado%20obtenido%20de%20la%20misma%202819.12.12%29.pdf>

Garzon, J. A., & González, L. A. (2012). *Adsorción de Cr (VI) utilizando Carbón Activado a partir de Cáscara de Naranja [Tesis, Universidad de Cartagena]*. Colombia: Repositorio Institucional - Universidad de Cartagena. Obtenido de <https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/68/Adsorci%c3%b3n%20de%20Cr%20%28VI%29%20a%20partir%20de%20c%c3%a1scara%20de>

20naranja%20y%20carb%3%b3n%20activado%20obtenido%20de%20la%20mis
ma%20%2819.12.12%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Gonzales, H. E., & Teruya, R. (2004). *Estudio Preliminar de Carbón Activado; Situación en el Perú*. Lima: Repositorio Institucional - UNALM. Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/34525489/Carbon_Activado-Estudio_preliminar-PERU.pdf?1408924533=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DCarbon_Activado_Estudio_Preliminar_situa.pdf&Expires=1616485236&Signature=PNprz6YWWxqVpzNH3plmkE4HQu71

González, W. T., & Ladino, D. N. (2018). *Determinación de la eficiencia de bioadsorción del colorante rojo allura #40, utilizando*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Obtenido de <http://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/15655>

Guevara, J. P. (2016). *Remoción de Cadmio y Plomo en Agua con Carbón Activado [Tesis de Licenciatura, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales]*. Bogota: Repositorio Institucional UDCA. Obtenido de <https://repository.udca.edu.co/bitstream/11158/560/1/REMOCION%20DE%20CADMIO%20Y%20PLOMO%20EN%20AGUA%20CON%20CARBON%20ACTIVADO%20RECUB.pdf>

Janqui, G. (2018). *Remoción de Molibdeno del agua del río Challhuahuacho de Cotabambas - Apurímac con carbon activado de Tusa de Maíz (zea mays) [Tesis Doctoral, Universidad Nacional del Antiplano]*. Puno: Repositorio Institucional UNA-PUNO. Obtenido de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/8532/Gustavo_Janqui_Guzman.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Lara, J., Tejada, C., Villabona, Á., Arrieta, A., & Granados, C. (2016). Adsorción de plomo y cadmio en sistema continuo de lecho fijo sobre residuos de cacao. *Revista Ion*,

29(2), 113-124. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rion/v29n2/0120-100X-rion-29-02-00113.pdf>

Lavado, C., Sun Kou, M. d., & Bendezú, S. (2010). Adsorción de plomo de efluente industriales con H₃PO₄. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 2(76), 165-178. Obtenido de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810-634X2010000200007&script=sci_arttext

Londoño Franco, L. F., Londoño Muñoz, P. T., & Muñoz García, F. G. (2016). Los Riesgos de los Metales Pesados en la Salud Humana. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2), 145-153. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6117865>

Losada, L. A., Sotto, M. A., & Artunduaga, O. F. (2010). Remoción de Cromo Hexavalente utilizando Cáscara de Moringa como Bio-Adsorbente. *Nova Grupo de Investigaciones*, 1(1), 74-87. Obtenido de <https://pdfs.semanticscholar.org/4b1f/995bc6f6bd8eff1edd2f22c24b08d123d972.pdf>

Luna, D., González, A., Gordon, M., & Martín, N. (2010). Obtención de carbón activado a partir de la cáscara de coco. *ContactoS*, 64, 39-48.

Menéndez, J. Á. (2008). *Residuos de Biomasa para la Producción de Carbones Activos y otros Materiales de Interés Tecnológico*. España: Repositorio Institucional de la Universidad de Oviedo. Obtenido de <http://digital.csic.es/bitstream/10261/4698/1/CursoResiduos.pdf>

Ministerio de Salud, M. (2010). *Dirección General de Salud de las Personas [Sitio Web]*. Obtenido de Dirección General de Salud de las Personas: https://www.minsa.gob.pe/portalweb/06prevencion/prevencion_2.asp?sub5=3

- MINSA, M. d. (2018). *Dirección General de de Salud de las Personas [Sitio Web]*. Obtenido de Dirección General de de Salud de las Personas: https://www.minsa.gob.pe/portalweb/06prevencion/prevencion_2.asp?sub5=3
- Muñoz, R. (2013). Evaluación de la Remoción de Materia Orgánica y Nitrógeno en un Filtro Percolador con nuevo Empaque. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 12(3), 575-583. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/620/62029966019.pdf>
- Nordberg, G. (2017). Metales: Propiedades Químicas y Toxicidad. *Enciclopedia de Seguridad y Salud Ocupacional en el Trabajo*, 2, 63.1-63.74. Obtenido de <https://www.insst.es/documents/94886/162520/Cap%C3%ADtulo+63.+Metales+propiedades+qu%C3%ADmicas+y+toxicidad>
- OMS. (2010). *Iberdrola*. Obtenido de Iberdrola: <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/contaminacion-del-agua>
- ONU, O. d. (2015). El Agua es Fuente de Vida. *ONU*. Obtenido de <https://www.un.org/waterforlifedecade/pdf/waterforlifebklt-s.pdf>
- Porras, G., & Martínez, C. F. (2019). *Adsorción del plomo mediante carbón activo de coronta de maíz de aguas contaminadas [Tesis de Titulación]*. Lima: Repositorio Institucional UPEU. Obtenido de https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/UPEU/2715/Franco_Tesis_Licenciatura_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ramírez, A. P., Giraldo, S., Flórez, E., & Acelas, N. (2017). Preparación de carbón activado a partir de residuos de palma de aceite y su aplicación para la remoción de colorantes. *Revista Colombiana de Química*, 46(1), 33-41. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rcq/v46n1/0120-2804-rcq-46-01-00033.pdf>
- Ramírez, J. H., Martínez, Ó. M., & Fernández, L. M. (2013). Remoción de contaminantes en aguas residuales industriales empleando carbón activado de pino pátula.

AVANCES Investigación en Ingeniería, 10(1), 42-49. Obtenido de <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/avances/article/view/2725>

Rincón, S., Guevara, P., Ballén, D., Morales, J. C., Monroy, N., & Rincón, J. M. (2015). Producción de carbón activado mediante métodos físicos a partir de carbón de El Cerrejón y su aplicación en el tratamiento de aguas residuales provenientes de tintorería. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 39(151), 171-175. Obtenido de <https://www.raccefyfyn.co/index.php/raccefyfyn/article/view/138>

Rincón, V., & Vásquez, O. J. (2016). *EVALUACIÓN DE LA VIABILIDAD DEL APROVECHAMIENTO DE LA CÁSCARA DE BANANO PARA LA REMOCIÓN DE PLOMO EN LAS AGUAS DE RIEGO DE CULTIVOS DE LECHUGA, EN UN ESTUDIO DE CASO EN LA VEREDA BOSATAMA, DEL MUNICIPIO DE SOACHA, CUNDINAMARCA*. Colombia: Universidad Piloto de Colombia. Obtenido de <http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/799/00003134.pdf?sequence=1>

Romero, L. A. (2018). *Preparación y Caracterización de materiales Adsorbentes a partir de cáscaras de fruta para la remoción de Metales y Aplicación a Procesos Ambientales*. Mexico: Univercidad de Granada. Obtenido de <http://digibug.ugr.es/handle/10481/49626>

Samaniego, J. E., Arzamendia, A. R., & Ayala, M. J. (2018). Remoción de Hierro y Plomo en aguas Residuales por Bioadsorción de la Cáscara de Naranja Agria. *Revista sobre Estudios e Investigaciones del Saber Académico*, 69-75. Obtenido de <http://publicaciones.uni.edu.py/index.php/eisa/article/viewFile/116/91>

Segura, H. G. (2017). *INFLUENCIA DEL CARBÓN ACTIVADO OBTENIDO DE HUARANGO (Acacia macracantha) EN LA REMOCIÓN DE CLORO LIBRE RESIDUAL EN AGUA POTABLE, CELENDÍN*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca. Obtenido de [http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1732/%20INFLUENCIA%20DEL%20CARB%C3%93N%20ACTIVADO%20OBTENIDO%20DE%20HUARANGO%20\(Acacia%20macracantha\)%20EN%20LA%20REMOCI%C3%93N%20DE%20CLORO.pdf?sequence=1](http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1732/%20INFLUENCIA%20DEL%20CARB%C3%93N%20ACTIVADO%20OBTENIDO%20DE%20HUARANGO%20(Acacia%20macracantha)%20EN%20LA%20REMOCI%C3%93N%20DE%20CLORO.pdf?sequence=1)

Sepúlveda, C. V. (2014). *Producción de carbón activado a partir de la cáscara de frijol de soya para su aplicación como adsorbente en el tratamiento de aguas residuales. [Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Nuevo León]*. México: Repositorio Institucional UANL. Obtenido de <http://eprints.uanl.mx/4366/1/1080253757.pdf>

Sevilla, U. (2016). *Manual del carbon activado*. España: Repositorio Institucional de la EUP - US. Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/38924321/Manual_del_carbon_activado.pdf?1443500362=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DManual_del_Carbon_Activo_1.pdf&Expires=1616482188&Signature=f2MHKdbBGZSs9iBuptDYaBhVi~pSif1kHmU8TTqakpbohHkjmKfdRx8

Tamay, A. P. (2019). *Determinación de la capacidad de biosorción y desorción de la corona de piña (Ananas comosus) para la remoción de metales pesados*. Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17182/1/UPS-CT008215.pdf>

Tejada, C. N., Montiel, Z., & Diofanor, A. (2016). Aprovechamiento de Cáscaras de Yuca y Ñame para el Tratamiento de Aguas Residuales Contaminadas con Pb(II).

Información Tecnológica, 27(1), 9-20. Obtenido de
<https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v27n1/art03.pdf>

Tejada, C., Herrera, A., & Núñez, J. (2016). REMOCIÓN DE PLOMO POR BIOMASAS RESIDUALES DE CÁSCARA DE NARANJA (*Citrus sinensis*) Y ZURO DE MAÍZ (*Zea mays*). *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 19(1), 169-178. Obtenido de <https://repository.udca.edu.co/bitstream/11158/1756/1/126-Texto%20del%20art%c3%adculo-194-1-10-20171123.pdf>

Tejada, C., Villabona, Á., & Garcés, L. (2015). Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico. *TecnoLógicas*, 18(34), 109-123. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/3442/344234336010.pdf>

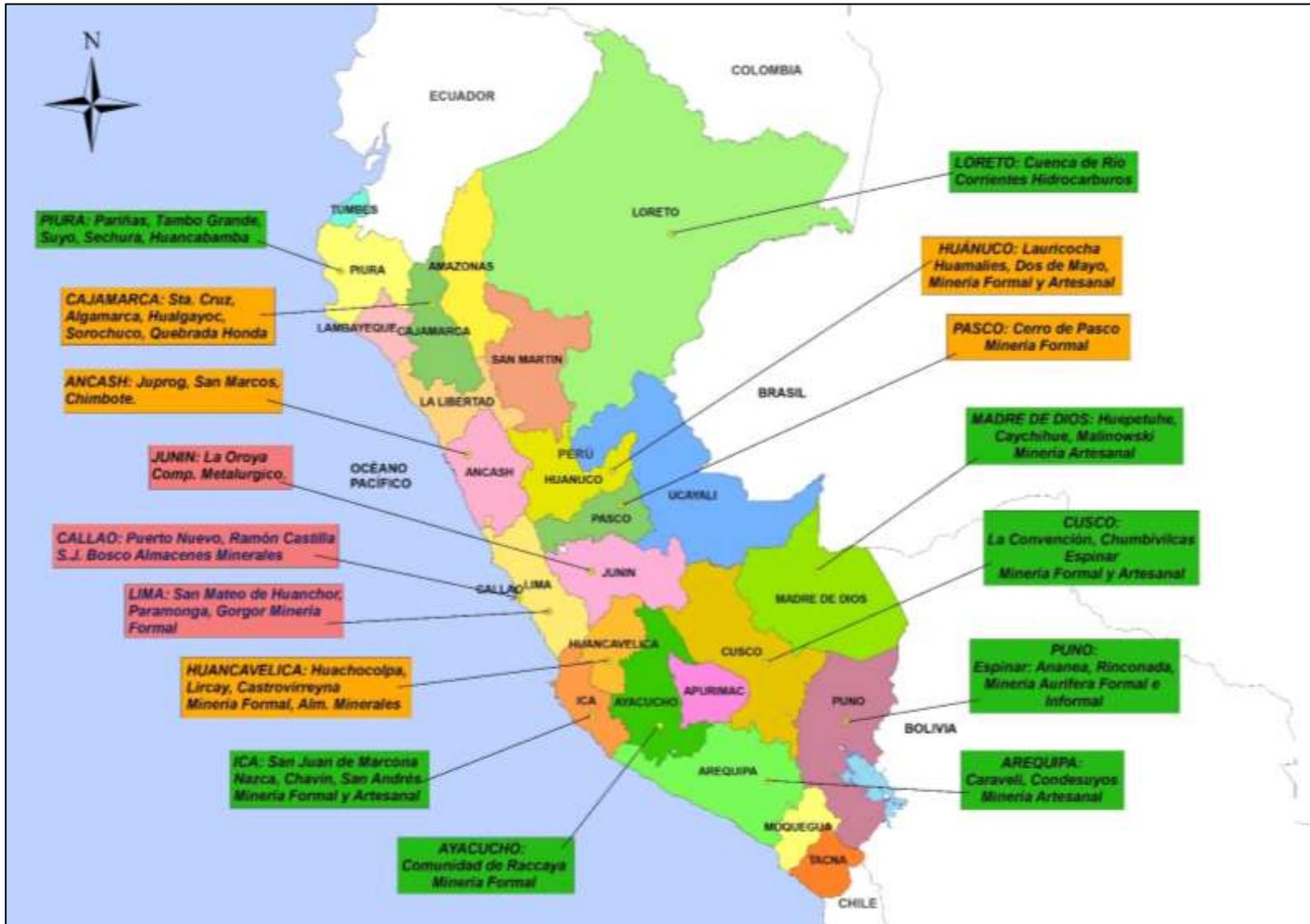
Trujillo, M. (2016). *Eliminación de Cromo (VI) de medios acuosos mediante biosorción con hueso de aceituna: Escalado del proceso y aplicación a la depuración de aguas reales*. España: Universidad de Granada. Obtenido de <http://digibug.ugr.es/handle/10481/40650>

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de Consistencia

TÍTULO	PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE	INDICADORES	METODOLOGÍA
“Estudio de la Remoción de Metales Pesados en Aguas Contaminadas de Ríos utilizando Carbón Activado Vegetal”	¿Cuál es la remoción de metales pesados en aguas contaminadas de ríos utilizando carbón activado vegetal?	<p>GENERAL</p> <ul style="list-style-type: none"> - Estudiar la remoción de metales pesados en aguas contaminadas de ríos utilizando carbón activado vegetal. <p>ESPECIFICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> - Determinar qué tipo de carbón activado vegetal es más eficiente en la remoción de cadmio, cromo, plomo, molibdeno y cinc en aguas contaminadas de ríos. - Determinar si la utilización del carbón activado es una buena alternativa de solución para la remoción de cadmio, cromo, plomo, molibdeno y cinc del agua. 	<p>GENERAL</p> <ul style="list-style-type: none"> - El carbón activado de origen vegetal remueve en un 90 % metales pesados de aguas contaminadas. <p>ESPECÍFICAS</p> <ul style="list-style-type: none"> - El carbón activado a partir de los 500 °C es más eficiente para la remoción de metales pesados del agua, que el carbón activado a menor temperatura. - La utilización del carbón activado es una alternativa considerable para la remoción de metales pesados debida que remueve más del 90 % de los metales como plomo, cadmio, cromo, molibdeno y cinc del agua. 	Remoción de Metales Pesados en Aguas de Ríos utilizando Carbón Activado vegetal.	<ul style="list-style-type: none"> - Carbón activado. - Remoción de metales. - Eficiencia del carbón. 	<p>TIPO: Cualitativa - No Experimental - Transeccional.</p> <p>NIVEL: No Experimental</p> <p>DISEÑO: Descriptiva</p> <p>POBLACIÓN: 30 estudios que traten y hablen del porcentaje de remoción de metales pesados utilizando carbón activado vegetal</p> <p>TÉCNICAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Búsqueda de Información - Analítica. - Gráfica.

Anexo 02: Mapa de las Regiones del Perú afectados por la Contaminación con Metales Pesados.



Anexo 03: Ficha de recolección de información. Los estudios sombreados de gris fueron los utilizados para el desarrollo del estudio.

Autor y Año	Título	Diseño Metodológico	Fuente	País	Breve Resumen
(Losada, Sotto, & Artunduaga, 2010)	Remoción de Cromo hexavalente utilizando cáscara de moringa como bio-absorbente.	Trabajo Empírico	Google Académico	Colombia	Se realizó un análisis de la eficiencia de la cáscara de la moringa oleífera como bio-absorbente para la eliminación de Cromo de una solución de (K ₂ Cr ₂ O ₇), donde se estudiaron los efectos para así verificar la eficacia de la cáscara de la moringa.
(Caviedes, Muñoz, Perdomo, Rodríguez, & Sandoval, 2015)	Tratamientos para la Remoción de Metales Pesados Comúnmente Presentes en Aguas Residuales Industriales. Una Revisión.	Revisión Bibliográfica	Google Académico	Colombia	Se realizó una revisión toxicológica de metales pesados, los niveles de vertimientos 20 diferentes técnicas para la remoción de metales pesados en medios hídricos.
(Cardona, Cabañas, & Zepeda, 2013)	Evaluación del poder biosorbente de la cáscara de naranja para la eliminación de metales pesados, Pb (II) y Zn (II)	Trabajo Empírico	Redalyc	Colombia	La investigación se basó en evaluar la capacidad de biosorción de la cáscara de naranja para la eliminación de metales pesados y el porcentaje de remoción de metales pesados.
(Rincón & Vásquez, 2016)	Evaluación de la viabilidad del aprovechamiento de la cáscara de banano para la remoción de Plomo en aguas de riego de cultivos de lechuga, en un estudio de caso en la vereda de Bosatama, del municipio de Soacha, Cundinamarca.	Trabajo Empírico	Google Académico	Colombia	Se realizó un estudio de retención de plomo, para su realización se recolectaron muestras de un río de Bogotá la cual primero se analizaron y de forma paralela se hizo el uso de la cáscara de banano para ver su capacidad de remoción de metales.
(Tejada, Montiel, & Diofanor, 2016)	Aprovechamiento de Cáscaras de Yuca y Ñame para el Tratamiento de Aguas Residuales Contaminadas con Pb (II)	Trabajo Empírico	SciELO	Colombia	Este trabajo de investigación se utilizó la cáscara de yuca para la absorción de metales pesados a diferentes tamaños para verificar sus capacidades de absorción de dichos metales.

(Samaniego, Arzamendia, & Ayala, 2018)	Remoción de Hierro y Plomo en aguas Residuales por Bioadsorción de la Cáscara de Naranja Agria	Trabajo Empírico	Google Académico	México	En el presente documento se investigó la capacidad de cáscara de naranja agria para la eliminación de hierro y plomo presentes en aguas residuales.
(Garzon & González, 2012)	Adsorción de Cr (VI) utilizando carbón activado a partir de Cáscara de Naranja.	Trabajo Empírico	Google Académico	Colombia	Se realizó la adsorción de metales pesados mediante la utilización de carbón activado fabricado a través de la cáscara de naranja.
(Tejada, Villabona, & Garcés, 2015)	Adsorción de Metales Pesados en Aguas Residuales usando materiales de origen Biológico.	Trabajo Empírico	Redalyc	Colombia	La aplicación de materiales de bajo costo obtenidos a partir de diferentes biomasa provenientes de la flora microbiana, ha sido investigada para reemplazar el uso de métodos convencionales en la remoción de contaminantes.
(Ramirez, Giraldo, Flórez, & Acelas, 2017)	Preparación de carbón activado a partir de Residuos de palma de aceite y su aplicación para la remoción de colorantes.	Trabajo Empírico	SciELO	Colombia	En el presente estudio se muestra la producción de carbón activado a partir de la biomasa residual generada en la producción de palma de aceite, fibra (F) y cáscara (C).
(Asimbaya, Rosas, Endara, & Guerrero, 2015)	Obtención de Carbón Activado a partir de Residuos Lignocelulósicos de Canelo, Laurel y Eucalipto.	Trabajo Empírico	SciELO	Colombia	Se obtuvo carbón activado a partir de 3 tipos para determinar la eficiencia de cada uno de los materiales estudiados.
(Tejada, Herrera, & Núñez, 2016)	Remoción de Plomo por Biomasa Residuales de Cáscara de Naranja (Citrus Sinensis) y Zuro de Maíz (Zea Mays)	Trabajo Empírico	Google Académico	Colombia	En este trabajo se propone como resolver uno de los problemas de contaminación a través de biomasa como la cáscara de naranja para la remoción de plomo.
(Luna, González, Gordon, & Martín, 2010)	Obtención de Carbón Activado a partir de la Cáscara de Coco	Trabajo Empírico	Google Académico	México	Producción de carbón activado a partir de la cáscara de coco ya que tiene un valor agregado y posee abundancia de valor nacional.
(Lara, Tejada, Villabona, Arrieta, & Granados, 2016)	Absorción de Plomo y Cadmio en Sistema Continuo de Lecho Fijo sobre Residuos de Cacao.	Trabajo Empírico	SciELO	Colombia	Se evaluó el desempeño de la cáscara de cacao como material residual adsorbente de metales pesados (Plomo y Cadmio) en solución acuosa sintética, mediante un sistema continuo de lecho fijo

(Albis, Ortiz, & Martínez, 2017)	Remoción de Cromo Hexavalente de Soluciones Acuosas usando Cáscara de Yuca (Manihot Esculenta): Experimentos en Columna	Trabajo Empírico	Google Académico	Colombia	Estudiar el potencial de la cáscara de yuca como biosorbente en la adsorción de cromo hexavalente en un proceso semicontinuo en columna de lecho empacado.
(Espinoza, 2019)	Evaluación de la Cáscara de Piña (Ananás Comosus) deshidratada, como biosorbente de Metales Pesados en Aguas Residuales Sintéticas.	Trabajo Empírico	Google Académico	Ecuador	En este documento se evaluó la capacidad de adsorción de metales pesados por medio de la cáscara de la piña (ananás comosus) en aguas residuales sintéticas elaboradas con sulfato de cobre y cloruro de hierro a 50 ppm.
(Tamay, 2019)	Determinación de la capacidad de Biosorción y desorción de la corona de Piña (Ananás Comosus) para la remoción de Metales Pesados.	Trabajo Empírico	Google Académico	Ecuador	La investigación se basa en determinar la capacidad que tiene la corona de piña (Ananas comosus) como biosorbente para la biosorción y desorción de metales pesados tales como el plomo y cromo presentes en el agua.
(Arhuis & Dorregaray, 2018)	Aplicación de Carbón preparados desde las Cáscaras de la fruta Piña (Ananás Comosus) para remover metales pesados (Cd^{2+} y Pb^{2+}) desde soluciones acuosas.	Trabajo Empírico	Google Académico	Perú	En la investigación se dio valor a las cáscaras de piña ya que constituye una alternativa para la remoción de Pb^{2+} y Cd^{2+} . Se preparó los adsorbentes de carbón a partir del precursor de las cascarras de la fruta piña (ananás comosus); mediante activación física, a diferentes temperaturas.
(Sepúlveda, 2014)	Producción de Carbón Activado a partir de la Cáscara de Frijol de Soya para su aplicación como adsorbente en el Tratamiento de Aguas Residuales Contaminadas con Colorante Verde de Malaquita.	Trabajo Empírico	Google Académico	México	En este trabajo se propone optimizar la producción y propiedades adsorbentes del carbón activado a partir de la cáscara de frijol de soya que es un residuo abundante, rico en carbón y que no ha sido aprovechado con este fin.
(Segura, 2017)	Influencia del Carbón Activado obtenido de Huarango (Acaica Macracantha) en la	Trabajo Empírico	Google Académico	Perú	En este trabajo se estudiaron las características del carbón activado (CA) producido de madera de Acacia macracantha y su influencia en la

	Remoción de Cloro Libre Residual en Agua Potable, Celendín.				remoción de cloro libre residual del agua potable
(Burgos & Jaramillo, 2015)	Aprovechamiento de Residuos de Cacao y Coco para la obtención de Carbón Activado, en el Cantón Milagro, Provincia del Guayas.	Trabajo Empírico	Google Académico	Ecuador	El trabajo consiste en aprovechar los residuos de las cáscaras de cacao y coco provenientes del cantón Milagro, provincia del Guayas, para la obtención de carbón activado y remover contaminantes.
(González & Ladino, 2018)	Determinación de la Eficiencia de Bioadsorción del colorante rojo allura #40, utilizando Tusa de Maíz, Cáscara de Banano y Cascarilla de Arroz, aplicado en Aguas Sintéticas.	Trabajo Empírico	Google Académico	Colombia	En este artículo se busca reducir los costos de los tratamientos convencionales, usando como medio adsorbente material orgánico de origen vegetal, como es el caso de la tusa de maíz, cáscara de banano y cascarilla de arroz.
(Romero, 2018)	Preparación y Caracterización de materiales Adsorbentes a partir de cáscaras de fruta para la remoción de Metales y Aplicación a Procesos Ambientales.	Trabajo Empírico	Google Académico	México	En esta investigación se describe la preparación de materiales funcionalizados a partir de cáscaras de frutas para brindar alternativas de solución a problemáticas ambientales y energéticas: La remoción - recuperación de metales presentes en el agua.
(Trujillo, 2016)	Eliminación de Cromo (VI) de medios acuosos mediante biosorción con hueso de aceituna: Escalado del proceso y aplicación a la depuración de aguas reales.	Trabajo Empírico	Google Académico	España	En esta investigación se utiliza el hueso de aceituna. Este residuo presenta unas características favorables como son una buena capacidad de biosorción, una gran disponibilidad, teniendo en cuenta las cantidades que se producen en el área mediterránea y en especial en Andalucía, además de un bajo coste.
(Lavado, Sun Kou, & Bendezú, 2010)	Adsorción de Plomo de Efluentes Industriales usando Carbones Activados con H ₃ PO ₄	Trabajo Empírico	SciELO	Perú	Se prepararon carbones activados a partir de astillas de eucalipto (Eucaliptus globulus Labill), mediante activación química usando como agente activante al ácido fosfórico.
(Ramírez, Martínez, &	Remoción de Contaminantes en Aguas Residuales	Trabajo Empírico	Google Académico	Colombia	Absorción de Metales pesados como el Cu, Mn, Fe y Zn, así como residuos orgánicos recalcitrantes, con carbón

Fernández, 2013)	Industriales empleando Carbón Activado de Pino Pátula.				activado derivado de pino pátula, Se pudo describir el comportamiento individual de cada contaminante empleando el modelo de isotermas de Freundlich.
(Bravo & Garzon, 2017)	Eficiencia del carbón activado procedente del Residuo Agroindustrial de Coco (Cocos Nucifera) para Remoción de Contaminantes en Agua.	Trabajo Empírico	Google Académico	Ecuador	La investigación tuvo como objetivo evaluar la eficiencia del carbón activado procedente del residuo agroindustrial de coco en la remoción de contaminantes en agua. Se utilizó cascara de coco, para la elaboración de carbón activado mediante activación física a una temperatura de 700°C por una hora.
(Janqui, 2018)	Remoción de Molibdeno del agua del Río Challhuahuacho de Cotabambas – Apurímac con carbón activado de Tusa de maíz (Zea Mays)	Trabajo Empírico	Google Académico	Perú	En la investigación se evaluó, la capacidad de remoción del molibdeno de las aguas del río Challhuahuacho de Cotabambas – Apurímac con carbón activado de tusa de maíz (zea mays). El carbón activado se obtuvo por activación física-térmica (pirolisis), en dos etapas: carbonización y gasificación del producto a temperatura de 900°C.
(Aguilar, Navarrete, Quijano, Vélez, & Menéndez, 2016)	Remoción de Contaminantes presentes en aguas superficiales empleando carbón activado generado a partir de materiales de desecho agroindustrial.	Trabajo Empírico	Google Académico	Ecuador	El empleo de carbón activado generado a partir de materiales de desecho como son las cascara de plátano, la cascara de arroz y las pepas de zapote, los cuales fueron activados químicamente de manera independiente, obtenido así tres variedades de carbón activado para el tratamiento del agua; ha logrado la remoción de elementos contaminantes presentes en el agua.
(Porrás & Martínez, 2019)	Adsorción del plomo mediante carbón activo de coronta de maíz de aguas contaminadas con relaves mineros	Trabajo Empírico	Google Académico	Perú	El Objetivo del presente estudio fue evaluar la eficiencia de adsorción de plomo (II) mediante carbón activo de coronta de maíz de aguas contaminadas con relaves mineros de Tamboraque
(Rincón, y otros, 2015)	Producción de Carbón Activado mediante métodos físicos a partir de carbón El Cerrejón y su aplicación en el tratamiento de aguas residuales provenientes de tintorerías.	Trabajo Empírico	Google Académico	Colombia	Se encontró que el carbón activado obtenido por activación física presentaba una capacidad de adsorción de colorantes de hasta un 70% y, por ende, podía aplicarse en el tratamiento de aguas industriales contaminadas con colorantes utilizados en la industria textil.