



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Revisión Sistemática de Biochar como enmienda para la  
Recuperación de Suelos Contaminados por Actividades Mineras**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO AMBIENTAL

**AUTORES:**

Huamani Huaylla, Franz (ORCID: 0000-0003-0438-6417)

Ore Huamán, Roly (ORCID: 0000-0002-4690-342X)

**ASESOR:**

Mgtr. Herrera Díaz, Marco Antonio (ORCID: 0000-0002-8578-4259)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA – PERÚ

2021

### **Dedicatoria**

A Dios, y a mi familia por darnos la vida y estar siempre conmigo, guiándome a forjar un mejor futuro. A mi familia quienes son la razón para salir adelante y a todas las personas que me han acompañado en esta etapa de formación profesional.

### **Agradecimiento**

A Dios por permitirnos haber llegado hasta este momento importante en mi formación profesional. A mi familia por el apoyo constante, la confianza y los consejos día a día.

## Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de tablas .....	v
Indice de figuras .....	vi
Glosario.....	vii
Resumen.....	viii
Abstracr .....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	4
III. METODOLOGÍA.....	16
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	16
3.2. Categorías, subcategorías y matriz de categorización.....	16
3.3. Escenario de estudio.....	17
3.4. Participantes .....	17
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	18
3.6. Procedimiento .....	18
3.7. Rigor científico .....	19
3.8. Método de análisis de datos.....	20
3.9. Aspectos éticos .....	20
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	21
V. CONCLUSIONES.....	26
VI. RECOMENDACIONES .....	27
REFERENCIAS .....	28
ANEXOS .....	35

## **Índice de tablas**

Tabla N° 1: Tipos de Precursores para la elaboración de biochar .....	6
Tabla N°2: Antecedentes de trabajos realizados utilizando diferentes tipos de precursores para la elaboración de biochar .....	10
Tabla N°3: Matriz de categorización apriorística .....	16
Tabla N°4: Tabla de criterio de búsqueda .....	18

## Índice de figuras

Figura N°1: Inhibición de la mineralización de carbono por aplicación de biocarbón y aumento de la fijación de carbono orgánico del suelo.....	5
Imagen N°2: Análisis SEM / EDS en suelo modificado con biocarbón de paja de arroz .....	8
Figura N° 03: Metodología de preparación de biochar .....	22
Figura N° 04: Activación Química del biochar .....	22
Figura N° 05: Activación del biochar .....	24

## **Glosario**

<i>SNMPE</i>	<i>: Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y energía</i>
<i>MP</i>	<i>: Materia prima</i>
<i>PTE</i>	<i>: Elementos potencialmente tóxicos</i>
<i>MEB</i>	<i>: Microscopio electrónico de barrido</i>
<i>BET</i>	<i>: Brunauer Emmett y Teller</i>

## Resumen

La presente investigación tiene como objetivo determinar los diferentes tipos de residuos en la elaboración de biochar para la recuperación de suelos contaminados por actividades mineras, a través de la influencia de los diferentes precursores provenientes de los residuos de cosechas o agrícolas y forestales, para la remediación de suelos contaminados por metales pesados debido a la actividad minera, para ello se utilizó recopilación de información extraída de fuentes como Scielo, Scopus, Science Direct; utilizando palabras claves para el criterio de inclusión y exclusión. En el tipo de residuo más empleado para la elaboración del biochar, de acuerdo a una comparación de diversas investigaciones, fue que la más utilizada a nivel nacional e internacional son los residuos de cosecha. En las metodologías de preparación del biochar se indicaron dos tipos; física y química, siendo la metodología con mejores resultados la combinación de ambas, ya que son complementarias para obtener una mejor adsorción de metales pesados, siendo la más usada entre los investigadores en la metodología física la temperatura de pirolisis de 400 a 500°C y en la metodología química los reactivos más utilizados son el HNO<sub>3</sub> y el HNO<sub>3</sub>. En cuanto a los metales con mayor facilidad de ser adsorbidos se encuentran el Cd, Pb y Zn.

**Palabras claves:** Biochar, adsorción, materias primas, residuos forestales y de cosecha.



## **Abstract**

The present research aims to determine the different types of residues in the elaboration of biochar for the recovery of contaminated soils by mining activities, through the influence of different precursors from crop residues or agricultural and forestry, for the remediation of soils contaminated by heavy metals due to mining activity, for this we used the collection of information extracted from sources such as Scielo, Scopus, Science Direct; using keywords for the inclusion and exclusion criteria. In the type of waste most used for the elaboration of biochar, according to a comparison of various investigations, was that the most used nationally and internationally are the harvest residues. In the methodologies of biochar preparation, two types were indicated; physics and chemistry, being the methodology with better results the combination of both, since they are complementary to obtain a better adsorption of heavy metals, being the most used among researchers in the physical methodology the pyrolysis temperature from 400 to 500°C and in the chemical methodology the most used reagents are HNO<sub>3</sub> and HNO<sub>3</sub>. As for the metals with greater facility of being adsorbed are the Cd, Pb and Zn.

**Keywords:** Biochar, adsorption, raw materials, forest and harvest residues.

## I. INTRODUCCIÓN

A lo largo del tiempo el desarrollo económico ha ido evolucionando constantemente con la activación de nuevas actividades e industrias, siendo una de ellas la industria minera, cuyo fin es la explotación de principales yacimientos para una posterior extracción de metales como cobre, oro, plata, etc., dichos recursos no renovables que a lo largo del tiempo vienen teniendo alta demanda mundial y que buscan estabilizar económicamente un país. Al respecto de acuerdo con la Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y energía (SNMPE), nuestro país es considerado uno de los países con mayor explotación, siendo el segundo país que explota principalmente de plata y cobre, tercero en zinc y estaño, cuarto en plomo y molibdeno y por sexto en oro (p.1), lo cual indica que permanentemente esta actividad de extracción de metales permanecerá activa en los próximos años.

Sin embargo, al mismo tiempo que va en crecimiento las actividades mineras también se ha incrementado una serie de problemáticas ambientales que afecta directa e indirectamente a los principales recursos naturales agua, suelo y aire; viéndose afectados constantemente, dentro de un enfoque específico, consideramos que los procesos de la minería han ido perjudicando los suelos aledaños a dicha actividad, un recurso fundamental, necesario para todos los aspectos de la supervivencia tanto en la salud humana y del ecosistema (MohanKuMar et al, 2016, p.5), han sufrido cambios o alteraciones físicas y químicas a causa de las actividades antropogénicas, cabe resaltar que este recurso es uno de los más importantes y esenciales para supervivencia humana y los ecosistemas puesto son los responsables en su mayoría de la producción de alimentos y hábitat de las especies.

No obstante, la minería es considerada una de las actividades más peligrosas debido a que degrada y contamina nuestros suelos, sus vertimientos inadecuados de los residuos, aguas y desmontes contenidos con los metales pesados general la alteración del recurso. En este contexto la actividad minera en Madre de Dios es la principal actividad económica y también es la que más está contaminando y dañando las tierras de la zona y las aledañas, siendo uno de los problemas el centro de la amazonia, de acuerdo a un estudio en el año 2008, encontrando que la cantidad de mercurio existente excede los niveles recomendados por la OMS (Plenge et al., 2012, p.38). La minería de acuerdo con Murakami et al. (2016, p.1)

nos indica que en su producción de recursos minerales que afecta negativamente al ambiente natural, que es un tema de discusión urgente en el uso y manejo sostenible de los recursos naturales, siendo cuerpo receptor de estos metales el suelo.

Ahora bien, esfuerzos continuos e investigaciones tiene como propósito generar tecnologías y herramientas con las cuales reducir, minimizar y en su mayor efecto eliminar los contaminantes disponibles en los suelos, es preciso tomar en cuenta que las industrias mineras, tienen grandes responsabilidades y obligaciones con el ambiente, los recursos naturales y la población ya que poseen un riesgo en la salud poblacional, siendo la inhalación e ingesta las dos formas o causas más peligrosas, su efecto depende en gran parte del tipo de metal y su concentración, puesto que provoca desde daños en los órganos vitales hasta el desarrollo de células cancerígenas. (Reyes, Y., et al., 2016, p.67).

Es por ello, que el presente estudio busca centrarse en describir las alternativas de solución, que puedan conllevar a mejorar los suelos impactados con las actividades mineras, tal es el caso de la aplicación de biochar un producto obtenido a partir de la descomposición termica de materia orgánica que se encuentra con limitado oxígeno (Trujillo, E., et al., 2020, p.490). dicha producción permitirá cumplir con el fin de recuperar en gran proporción los suelos contaminados por la actividad minera y de tal modo, que la aplicación de biochar como enmienda para la recuperación de suelos se formula como una opción ideal ya que este producto ha ido demostrando su capacidad para contribuir en la recuperación de la fertilidad, productividad y propiedades físicas y químicas del suelo (Alonso, L., et al., 2016, p.342).

Ante lo mencionado, la presente revisión sistemática de diferentes estudios realizados a nivel nacional y mundial, plantea como principal problema a resolver: ¿Cuáles son los diferentes tipos de residuos que se utilizan en la elaboración de biochar para la recuperación de suelos contaminados por actividad minera? Así mismo, surgen los siguientes problemas específicos:

- **PE1: ¿Cuál es la influencia de la metodología de preparación del biochar en la recuperación de suelos contaminados por actividad minera?**

- **PE2: ¿Cuáles son las materias primas más usadas para la elaboración de biochar?**
- **PE3: ¿Cuáles son los metales con mayor facilidad de adsorción por el biochar presentes en los suelos contaminados por actividades mineras?**

Del mismo modo, ante lo expuesto se plantea como como objetivo general: Determinar los diferentes tipos de residuos en la elaboración de biochar para la recuperación de suelos contaminados por actividad minera. Mientras que como objetivos específicos tenemos:

- **OE1: Determinar la influencia de la metodología de preparación del biochar en la recuperación de suelos contaminados por actividad minera.**
- **OE2: Determinar cuáles son las materias primas más usadas para la elaboración de biochar.**
- **OE3: Determinar los metales con mayor facilidad de adsorción por el biochar presentes en los suelos contaminados por actividades mineras.**

Finalmente, la presente investigación pretende recopilar la información básica de la elaboración de biochar para la recuperación de suelos contaminados, una alternativa bajo un enfoque ecológico puesto que su implantación se basa la reutilización de subproductos o desechos orgánicos, conllevando a una gestión ambiental que a lo largo del tiempo adquiere repercusión para beneficio de los recursos naturales impactados por las actividades antropogénicas.

## II. MARCO TEÓRICO

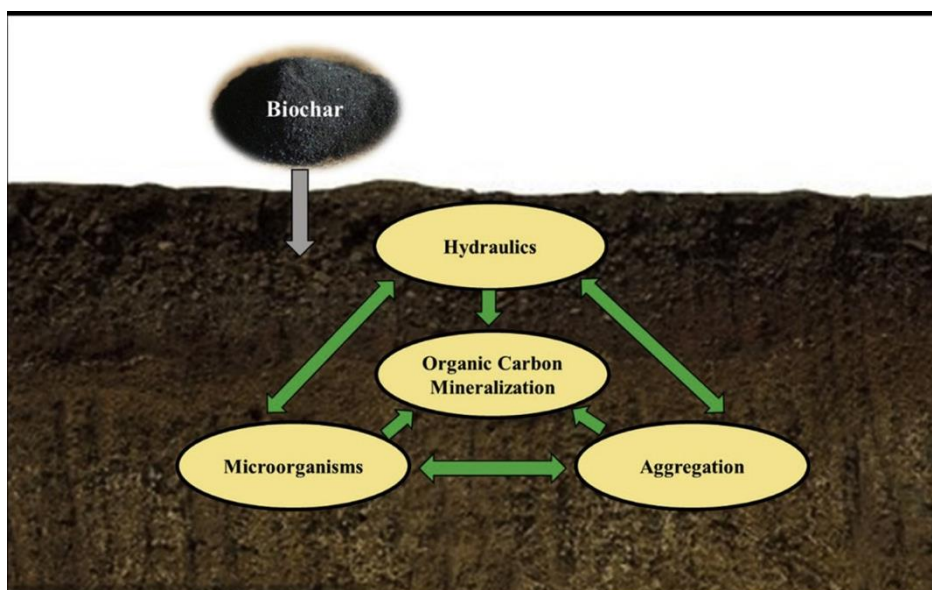
Las actividades mineras en la extracción de minerales y la deposición indiscriminada e inadecuada han dado lugar a una fuerte contaminación del suelo (Falciglia et al., 2017, p. 329). En un estudio realizado se obtuvo la data del año 1600 en el cual demuestra que las actividades mineras provocan disturbios al medioambiente y generan suelos con limitaciones físicas, químicas y biológicas para posibles actividades agrícolas, generando también daños a la salud (Puga, et al., 2006, p. 149).

Así también Kicinska A. y Wikar J., (2020, p. 2) recogieron muestras de suelo agrícola en 4 lugares cercanos a la proximidad de las plantas que se ocupan de la extracción y el procesamiento de metales minerales donde el nivel de contaminación que se obtuvo de los suelos utilizados para la agricultura presentó alto grado de contaminación por determinados metales pesados como (Zn, Pb, Ni), de acuerdo con el Reglamento del Ministro de Medio Ambiente sobre la evaluación de la contaminación de la superficie terrestre indican un riesgo ecológico.

De acuerdo Lomaglio et al., (2016, p. 1) las actividades mineras son una de las principales preocupaciones que generan elementos potencialmente tóxicos (PTE) como los desechos ricos en metales (loid) y los tecnosoles, por ello, la recuperación de suelos degradados y contaminados con enmiendas de biocarbón se ha vuelto cada vez más popular. Se prevé que el biocarbón, un biocarbono de grano fino y poroso producido por la pirólisis lenta de biomasa en condiciones limitadas de oxígeno, es una posible solución para reducir la disponibilidad y fitotoxicidad de los metales (lodes) y, al mismo tiempo, mejorar la calidad del suelo.

Además, existen técnicas de reparación muy limitadas para su restauración, siendo una de las pocas la técnica de aplicación de biochar, el cual es considerado como una enmienda orgánica, siendo un sólido de bajo costo que se genera por un proceso de pirolisis utilizando como componente principal una biomasa residual la cual pasa mediante un proceso físico y químico para poder obtener propiedades que ayudan a la remediación del suelo contaminado (Pandey, D., Daverey, A., y Arunachalam, K., 2020, p. 2).

En la Figura N° 1, se muestra la inhibición de la mineralización del carbono en dosis altas aumentando la fijación del carbono orgánico del suelo, mejorando así la estabilidad de los agregados y los microorganismos del suelo.



**Figura N°1:** Inhibición de la mineralización de carbono por aplicación de biocarbón y aumento de la fijación de carbono orgánico del suelo.

Fuente: Jin et al., 2020

En un estudio realizado por Jin et al., (2020, p. 2) nos indica que los resultados obtenidos revelaron que el biocarbón reduce significativamente la densidad aparente del suelo y mejora la capacidad de retención de agua del suelo. También se encontró que las tasas de aplicación de biocarbón medio-bajas (0,5% y 1%) aumentan considerablemente la microbiota del suelo, la agregación y el carbono potencialmente mineralizable. Además, las altas tasas de aplicación (2%) de biocarbón inhiben la mineralización de carbono y aumentaron la fijación de carbono orgánico del suelo.

El biocarbono o biochar viene a ser elaborado mediante un proceso de temperaturas bajas, medias o altas, donde la materia prima (MP) pasa por un proceso de secado, y carbonización mediante un biorreactor, este proceso se le conoce como pirolisis, en cual cambia la composición física y química de la materia; esta tecnología ha sido aplicada en biomásas como: residuos forestales, microalgas y residuos agroindustriales (Ponnusamy et al., 2020, p. 2).

Las propiedades del biochar ayudan a la captación de contaminantes en el suelo con elementos potencialmente tóxicos (PTE) recibiendo la aplicación de biocarbón en suelos contaminados una especial atención e interés debido a su capacidad para reducir la absorción de PTE por las plantas (Albert et al., 2020, p. 3).

Además, El biocarbón o biochar es un estabilizador de metales pesados en los suelos contaminados que atrapa el CO<sub>2</sub> y mejora el rendimiento de los cultivos, absorbe los metales y aumenta la calidad del suelo generando la reducción significativa de los suelos dañados; pudiendo decirse que el biochar es una solución para la remediación de suelos contaminados por metales pesados. (zhang et al. 2019, p.1) En un estudio de la interacción del suelo con el biochar se utilizaron ensayos de macetas con Brassica chinoses para evaluar el efecto del biochar en el crecimiento de las plantas, obteniendo que los minerales del suelo facilitan la captación del Cd en el biochar mejorando la recalcitración de esta enmienda en el suelo, confirmando que para la remediación del suelo por contaminación de metales se debe dar la interacción biochar-suelo.

El biochar puede ser elaborado de diversos precursores; la importancia del material que se utilice para su elaboración recae en la eficiencia del producto final que se obtenga, la elaboración de biochar se puede dar mediante diversos tipos como los son: los residuos de cosecha, agrícolas, de granja; estos pasan por un proceso de pirólisis donde las cenizas presentan un alto contenido de carbono y sílice, los cuales son los encargados de adsorber los metales pesados, tintes, compuestos orgánicos y pesticidas; además, es clasificado como un material de menor costo por la disponibilidad que presenta en su producción y un buen adsorbente de metales en el tratamiento de aguas residuales (Ahmaruzzaman M, Gupta, V., 2011, p.13591).

La elaboración del biochar se realiza con diferentes tipos de residuos, a continuación, se detallan en la Tabla N° 1:

**Tabla N° 1: Tipos de Precursores para la elaboración de biochar**

Tipos de residuos	Metodología de Elaboración	Autor
cáscara de semilla camelia	Pirólisis – T° 300, 500 y 700 °C	WU et al, 2019 pp.2-3

Cascara de arroz	Pirólisis - T° 500C°	Wu et al., 2020, p.3
Cascara de maní	Pirólisis – T° 600C°	Wan et al., 2020, p.3
Madera de álamo	Pirólisis - T°: 550°C	Chen et al., 2020, p.2
Lodo porcino	Pirólisis - T°: 150 y 300°C	Liu et al., 2020, p.1
Madera de Manzano	Pirólisis - T°: 700°C	Na liu., 2016, p. 5
Salvado de mijo	Pirólisis - T°: 600°C	Fan et al., 2020, p.10
Ipomoea fistulosa	Pirólisis - T°: 350, 400, 450, 500 y 550°C	Goswami et al., 2016, p. 446
Pennisetumsp	-Pirólisis - T° 600°C	Yin et al., 2020. P.6
Cáscara de uva	-Pirólisis - T° 600°C	Trakal et al., 2014, p.449
Corteza de pinos	-Pirólisis – T° 600 °C	Park, et al., 2019, p.300
Caña de azúcar	-Secado – T° 80°C	ABDELHAFEZ, A.A., Li, J., 2016
Cascara de piña	-Pirólisis – T° 600C°	Deng et al.,2020. pp8-23
Madera de Árce	-Pirólisis – T° 500°C	Deng et al., 2020, p.25

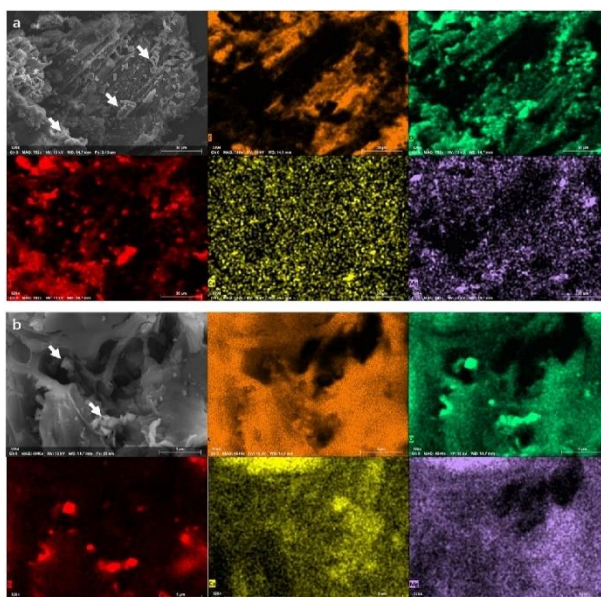
*Fuente: Elaboración propia*

En el proceso de elaboración del biochar ingresan equipos y técnicas de caracterización para determinar la eficacia del producto final o la influencia de la aplicación de diferentes tipos de residuos, entre los cuales se tienen a:



El microscopio electrónico de barrido (MEB o SEM) se realiza para observar la superficie morfológica de los adsorbentes, para determinar el grosor de la pared y de esta manera saber los tipos de porosidad, puesto que, cuanto más gruesa sea la pared mayor será la porosidad presentada en el biochar, lo que ayuda que ocurra un mayor proceso de adsorción, así como ver mediante imágenes el diámetro de las partículas (Mariappan et al, 2015, p.7).

Un ejemplo de análisis SEM / EDS en suelo modificado con biocarbón de paja de arroz se muestra en la Imagen N° 2, donde el color diferente representa la distribución espacial de los elementos C, O, Si, Ca y Mg en los biochars, respectivamente. El color claro representa menor abundancia de elementos y el color oscuro mayor abundancia. Las flechas blancas representan las partículas minerales del suelo; mostrando mediante el mapeo de biocarbón la distribución espacial de la composición elemental de la interfaz entre biocarros y minerales del suelo donde los biochars estaban compuestos casi exclusivamente por el elemento C (Yang C., y Lu S., 2020, p. 8).



**Imagen N°2:** Análisis SEM / EDS en suelo modificado con biocarbón de paja de arroz

Fuente: Jin et al., 2020

Así también el método BET que determina el área superficial específica; este método está planteado por Brunauer Emmett y Teller donde se determina el área

de la superficie específica con la medición de porosidad aplicando la ecuación BET, para conocer el área donde se va adsorber y que cantidad de contaminante en este caso metales (Alonso, 2016. s.n).

De igual manera es importante detallar el potencial Z que se define como el potencial en el plano de cizalla en la doble capa eléctrica. Es un parámetro importante que determina el punto de corte de la capa de iones que se mueve con las partículas, desplegándose hacia el electrodo de carga opuesta en el campo eléctrico; utilizado frecuentemente en discusiones de estabilidad de coloides y su valor es considerado útil en relación con la doble capa eléctrica. En la parte difusa los iones son móviles y obedecen a leyes de mecánica estadística, los contra iones son atraídos a través de la superficie y los co-iones son repelidos. El potencial Z en la adsorción es importante para tener en cuenta la capacidad de repulsión o atracción de las partículas en el material carbonoso y ayuda a determinar donde curren las mejores condiciones (Corredor et al., 2012, 167).

De igual manera, la espectroscopia de absorción atómica es un equipo que nos permite determinar la concentración de metales y átomos libres, este método de análisis es capaz de determinar secuencialmente plomo, antimonio y bario, se emplea para detectar y determinar las concentraciones de metales y elementos químicos en una concentración, en especial de elementos metálicos; Los instrumentos de espectroscopia de absorción atómica colocan una muestra en una llama de alta temperatura que produce especies atómicas y pasa iluminación seleccionada, específica del elemento, a través de la llama para detectar qué longitudes de onda de luz absorben los átomos de la muestra (Liu et al., 2019, p. 9).

Existen diferentes investigaciones en las cuales se describen la variedad de MP que se emplean para la elaboración de biochar; entre ellos se encuentran las cascaras de frutos, plantas, maíces entre otros, los cuales fueron obtenidas de revistas indexadas y aplicadas y la remoción de diferentes metales pesados, para ello mostramos la siguiente tabla:

**Tabla N°2: Antecedentes de trabajos realizados utilizando diferentes tipos de precursores para la elaboración de biochar**

<b>Autor</b>	<b>Título</b>	<b>Revista</b>	<b>Material Precursor Familia o Nombre científico</b>	<b>Grupo</b>	<b>Pirolisis</b>	<b>Tiempo de contacto</b>	<b>% de remoción de metales</b>	<b>Resultados</b>	<b>Metal contaminante</b>
Gascó et al., 2019	Combining phytoextraction by Brassica napus and biochar amendment for the remediation of a mining soil in Riotinto (Spain)	ScienceDirect	-Canola -Estiércol de conejo / - <i>Brassica napus</i>	Residuos Agrícola	450 °C 600 °C	60días	-Brassica napus: Co (49%) Pb (11%) Cd (2%) Cu(57%) Biochar: Co (66%) Cd (57%) Pb (18%) Zn (16%) Cu (43%)	Los resultados mostraron que la combinación de BM450 o BM600 (biochar) con el crecimiento de Brassica napus disminuyó la cantidad de As, Cu, Co, Cr, Se y Pb en el suelo	Cu, Pb, Zn y As
Fan et al., 2020	One-pot synthesis of nZVI-embedded biochar for	ScienceDirect	-Aserrín / - <i>Pinus sp</i>	Residuo Forestal	800°C	1hora	93%	BC mostró el efecto sinérgico sobre la inmovilización de As	As

	remediation of two mining arsenic-contaminated soils: Arsenic immobilization associated with iron transformation							en comparación con nZVI o BC solos	
Ali et al., 2020	Apricot shell- and apple tree-derived biochar affect the fractionation and bioavailability of Zn and Cd as well as the microbial activity in smelter contaminated soil	ScienceDirect	-Cáscara de albaricoque (ASB) -Manzano (ATB) / - <i>Prunus armeniaca</i> L. - <i>Rosaceae</i>	Residuo agrícola	500°C	50días	36-41% para Zn 33-37% para Cd	Por lo tanto, los biocarros disminuyeron las concentraciones de metales en las raíces	Zn y Cd

Mujtaba et al., 2019	Synergistic effects of biochar and processed fly ash on bioavailability, transformation and accumulation of heavy metals by maize ( <i>Zea mays</i> L.) in coal-mining contaminated soil	ScienceDirect	-Maíz / <i>Zea mays</i> L.	Residuo Agrícola	500°C	60días	35,43% para Cu 19,67% para Zn 33,49% para Cd 34,76% para Pb	Los resultados establecieron que la aplicación combinada de BC y PFA aumentó sinérgicamente la inmovilización de HM y los rendimientos de biomasa de maíz.	metales (HM) Cu, Zn, Cd, Pb
Jun et al., 2020	Effect of lychee biochar on the remediation of heavy metal-contaminated soil using sunflower: A field experiment	ScienceDirect	- Girasol / - <i>Helianthus annuus</i>	Residuo agrícola	500°C	6horas	12.4% para Pb 11.0% para Cd 4.35% para As 8.17% para Zn	La adición de biocarbón en suelos contaminados con metales pesados mejoró significativamente el efecto de remediación de metales pesados del girasol. En comparación con el control (0% de biocarbón), la aplicación de 10% de	Pb, Cd, As y Zn

								biocarbón disminuyó las concentraciones de Pb, Cd, As y Zn en la rizosfera de las plantas de girasol en un 40,6, 31,6, 35,4 y 30,8%	
O'Connor et al., 2018	Sulfur-modified rice husk biochar: A green method for the remediation of mercury contaminated soil	ScienceDirect	-Cáscara de arroz / -Oryza sativa	Residuo agrícola	550°C	5 días	99% para Hg	La modificación S aumentó la capacidad de adsorción del biocarbón Hg <sup>2+</sup> en un ~ 73%.	Hg
Alhar et al., 2020	Mine spoil remediation via biochar addition to immobilise potentially toxic elements and promote plant growth for phytostabilisation	ScienceDirect	-Paja de trigo -Cáscara de arroz / -Triticum -Oryza sativa	Residuos agrícolas	-	-	93% para Pb 75% para Zn	La prueba de remediación reveló que la aplicación de biocarbón aumentó el rendimiento de la planta y disminuyó la asimilación por parte de la planta de muchos elementos potencialmente	Pb y Zn

								tóxicos y también disminuyó las concentraciones de agua intersticial de Al, Cd, Pb y Zn en la mayoría de los casos.	
Xiao et al., 2020	Combined effects of rice straw-derived biochar and water management on transformation of chromium and its uptake by rice in contaminated soils	ScienceDirect	-Paja de arroz / -Oryza sativa L.	Residuos agrícolas	-	-	62% de Cr (VI) a Cr (III)	La combinación de 10 g kg <sup>-1</sup> de enmienda de biocarbón y manejo de agua con CF puede potencialmente usarse en suelos contaminados con Cr para mitigar los impactos de la contaminación por Cr en la producción de arroz.	Cr

Abdin et al., 2019	Competitive sorption and availability of coexisting heavy metals in miningcontaminated soil: Contrasting effects of mesquite and fishbone biochars	ScienceDirect	-Madera de Mezquite / Prosopis; L.	Residuo forestal	400 y 600 °C	4 hroas	Cd = 32.7% y 33.8% Pb = 40.0% y 43.0% Cu = 61.7% y 66.2% Zn = 48.3% y 55.6%	La aplicación de FBC al suelo minero resultó en la mayor reducción en la mayoría de los metales pesados extraíbles NH 4 NO 3 , reduciendo su disponibilidad para las plantas de trigo.	Cd Pb Cu Zn
--------------------	--	---------------	------------------------------------	------------------	--------------	---------	--	--	----------------------



### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

La investigación aplicada, refiere aquel estudio que tiene como principal objetivo el resolver problemas en corto tiempo, a través de acciones concretas y precisas que afrontara el problema propuesto. (Hernández, R., Fernández, C. y Baptista. P., 2014, p.25).

Del mismo modo, Vargas, Z. (2009), menciona que la investigación aplicada también conocida como practica o empírica, se caracteriza debido a que aplica o utiliza conocimientos previamente adquiridos, paralelamente que se adquieren de otros investigadores (p.159).

El diseño de la investigación es cualitativo narrativo de tópicos; ya que, los diseños narrativos recolectan información de las historias y experiencias para describirlas y analizarlas. Creswell (2005, citado por Salgado, 2007, p.73), menciona que el diseño narrativo tiene como objetivo evaluar el proceso de acontecimientos. El investigador es quien le otorga significado a los resultados de su investigación, uno de los elementos básicos a tener en cuenta es la elaboración y distinción de narrativo de tópicos o temas a partir de lo que se recoge y organiza la información. Para ello se distinguirá entre categorías que denotan un tópico en sí mismo y las subcategorías que detallan dicho tópico en micro aspectos (Monje, 2015, p.6).

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

En la tabla N°3 se presenta la matriz de categorización apriorística, donde se encuentran los objetivos, problemas, categorías, sub-categorías y unidad de análisis del presente informe de investigación.

**Tabla N°3: Matriz de categorización apriorística**

<b>Objetivos específicos</b>	<b>Problemas específicos</b>	<b>Categorías</b>	<b>Subcategorías</b>	<b>Unidad de análisis</b>
Determinar la influencia de la metodología de preparación del biochar en la recuperación	¿Cuál es la influencia de la metodología de preparación del biochar en la recuperación	Metodología	-Físicas -Químicas	(Ponnusamy et al., 2020, p. 2),

suelos contaminados por actividad minera.	suelos contaminados por actividad minera?			
Determinar cuáles son las materias primas más usadas para la elaboración de biochar.	¿Cuáles son las materias primas más usadas para la elaboración de biochar?	Material precursor	-Residuos de cosecha -Residuo agrícola	(Ahmaruzzaman M, Gupta, V., 2011, p.13591), (Ponnusamy et al., 2020, p. 2), (zhang et al. 2019, p.1),
Determinar los metales con mayor facilidad de adsorción por el biochar presentes en los suelos contaminados por actividades mineras.	¿Cuáles son los metales con mayor facilidad de adsorción por el biochar presentes en los suelos contaminados por actividades mineras?	Metales con mayor adsorción	-Cd -Pb -Zn	

*Fuente: Elaboración propia*

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

El presente proyecto no tiene un escenario de estudio físico definido, ya que se trata de una revisión bibliográfica en la cual incluye investigaciones nacionales e internacionales para su aporte.

### **3.4. Participantes**

En este informe de investigación se detalla las fuentes que se abordaron, las cuales fueron: artículos de revistas indexadas, libros, investigaciones de instituciones públicas, investigaciones científicas. Base de datos como: Scielo, Science Direct, Google Books, Google Academico, Springer.

### 3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica utilizada es el análisis documental. Este es la representación de un texto, que se ha leído y sintetizado. Es decir, partiendo de un texto primario se va obtener un texto secundario, mediante un análisis documental (Navarro, 2005, p.666).

Como instrumento para recolección de datos se utilizó una ficha, después de haber realizado la búsqueda intensa investigaciones por diferentes medios, se va elaborar la ficha con los datos más representativos de cada libro o revista con el fin de manipular la información obtenida con rapidez, orden y categorías, como se muestra en el anexo 1.

Esta ficha es el documento que registra e identifica, toda la información o evidencia que has realizado en el proceso de tu investigación (Robledo, 2003, p.67).

### 3.6. Procedimiento

La presente investigación consta de dos etapas para la recolección de información:

**Etap 1:** Búsqueda de artículos de investigaciones nacionales e internacionales a través de palabras claves (Biochar, contaminated soils, metal adsorption, mining contamination) extraído de fuentes indexadas de la base de datos de: Science Direct, Scielo, scopus, Google Academico y Springer.

**Etap 2:** Selección de artículos de investigación. Se identificaron 200 artículos en la etapa 1, luego de leer y analizar los 100 artículos de investigación decidimos permanecer con 90 artículos ya que era de acuerdo con el tema de interés, y aplicando el criterio de exclusión seleccionamos 2 libros y 42 artículos de investigación. Asimismo, considerando una antigüedad no mayor a 10 años.

**Tabla N°4:** Tabla de criterio de búsqueda

Tipo de Documento	Tema del documento	Palabras clave	Cantidad	Criterio de Inclusión	Criterio de Exclusión
Artículos Científicos	- Contaminación por metales pesados	Biochar, contaminated soils, metal adsorption,	42	-Pappers mayores 2010	-Revistas no indexadas,

	- Contaminación minera en suelos	mining contamination		-Uso de palabrs claves en inglés, portugués y español. -Revistas indexadas - Contengan DOI	-Que no cuenta con DOI -Que sea menor al 2010
Libros	- Contaminación de suelos por actividad minera	Biochar, contaminated soils, metal adsorption, mining contamination	2	-Datos auténticos de autor	Capítulos incompletos

*Fuente: Elaboración propia*

### 3.7. Rigor científico

Esta investigación cumple los criterios de rigor científico como la dependencia, credibilidad, que reconoce cuando los hallazgos son reales; transferencia y confiabilidad, se refiere a la neutralidad en el análisis y la interpretación de la información que se realizó a la búsqueda de artículos en revistas que avalan resultados confiables (Arias, 2011, p. 503).

Así también, se garantiza mediante la teoría que en una investigación científica se da mediante los siguientes criterios de credibilidad y autenticidad entre otros (Valencia, 2011, p.502).

- Credibilidad: Esta validez se relaciona con la capacidad para comunicar los puntos de vista de los participantes, de un modo vinculante con el problema de investigación (Valencia, 2011, p.502).
- Autenticidad: La información no ha sido manipulada, se ha denotado tal y como están en las investigaciones (Valencia, 2011, p.502).

### **3.8. Método de análisis de datos**

El método de análisis fue desarrollado mediante la matriz de categorización apriorística como se muestra en la tabla N° 4, donde se describe los criterios de exclusión e inclusión de las investigaciones a utilizar en la presente investigación; en este caso se analizó los parámetros y métodos tanto de activación como de la adsorción respectivamente, de las diferentes investigaciones recopiladas que se presentaron (Gras, 1996, p.24).

### **3.9. Aspectos éticos**

La presente investigación se realizó con fines académicos, garantizando resultados y datos confiables. Así también, la información de la investigación es auténtica y veraz en todo su contenido, además se tiene en consideración intelectual a los autores que aportaron en nuestra investigación los cuales fueron debidamente citados y las revistas confiables que nos sirvieron como base de datos.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

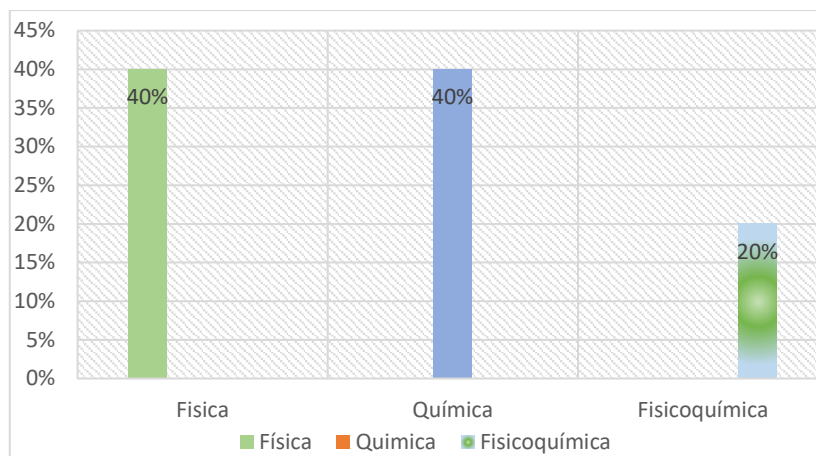
### 4.1. La influencia de la metodología de preparación del biochar en la recuperación de suelos contaminados por actividad minera

Los resultados obtenidos en las investigaciones realizadas nos indican que existen dos tipos de metodologías de elaboración del biochar: La activación química, física y fisicoquímica:

La activación química es el proceso en el cual se adhieren reactivos químicos en la elaboración de biochar para mejorar sus propiedades, donde se demuestra que aumenta la porosidad y ello permite obtener mayor rendimiento de la adsorción de metales pesados; esto ocurre por una interacción en la superficie del producto carbonizado con el reactivo químico y el rango promedio de carbonización del biochar es de 400 a 600°C y es en este rango es cuando ocurre el aumento de la estructura porosa del biochar; generándose la fuerza de interacción entre los poros de la superficie del carbón y los reactivos químicos que se aplican como Hidroxido de Sodio (NaOH), Hidróxido de potasio (KOH), Ácido fosfórico (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>), Permanganato de Potasio (KMnO<sub>4</sub>), Nitrato de Sodio (NaNO<sub>3</sub>) entre otros, como lo indica en su investigación Beraldi et al. (2017, pp.5,6).

La activación del biochar mediante reactivos químicos como (NaOH), (KOH), (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>), (NaNO<sub>3</sub>) generan una mayor adherencia de los metales pesados al interior del biochar debido al incremento de la porosidad que se genera, mejorando la adsorción por la mayor accesibilidad en los sitios activos de las superficies del adsorbente según Aguayo et al. (2017, p.9).

Por otro lado, la activación física está conformado por dos etapas, la primera es la carbonización que se da en un rango de 600 a 1000°C y la segunda es la activación del residuo carbonizado, mediante la salida de gases oxidantes, que van a cumplir el rol de eliminar los átomos activos de la estructura generando que aumente la porosidad entre 50% y 75%. Los macro poros generados proporcionan paso a los micro poros y acceso al interior de la matriz del carbón como menciona Poinern et al. (2011, p.1696).

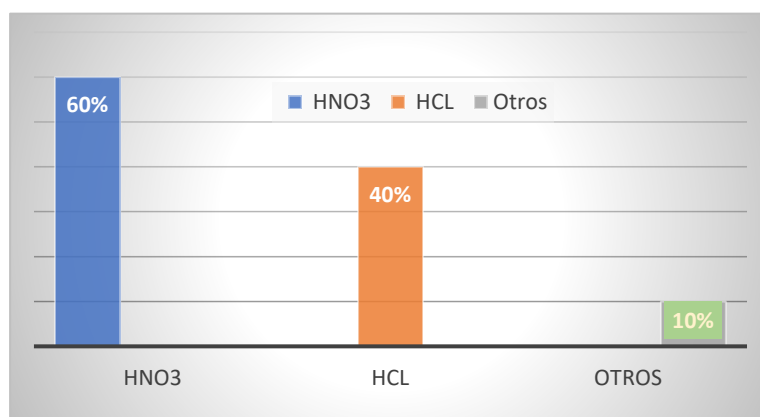


**Figura N° 03: Metodología de preparación de biochar**  
Elaboración propia

Las metodologías de preparación del biochar pueden ser de tipos; físicas, químicas o fisicoquímicas; realizando una selección de diversas investigaciones se clasificaron de acuerdo al gráfico 1 del Anexo 2; donde se obtuvo que la combinación de la metodología física como química son las más empleadas y las cuales presentan mejores resultados en la adsorción de los metales pesados, siendo aplicadas en un 80% ambas.

Esto de acuerdo a Aguayo et al. (2017, p.12) nos dice que la combinación de la activación química y física mejora las propiedades de adsorción del carbón ya que los enlaces de las moléculas son estables y las altas temperaturas aumentarían el volumen de los micro poros por ende tendrían mejor adsorción.

Asimismo, la sustancia química más utilizada por los investigadores es el  $\text{HNO}_3$ , como se puede ver a continuación:



**Figura N° 04: Activación Química del biochar**  
Elaboración propia

Se realizó una recopilación de 20 investigaciones seleccionando únicamente 13 antecedentes, teniendo como referencia la base de datos del Anexo 2 para determinar en el tipo de metodología química cual es el reactivo más utilizado; donde se obtuvo como resultado que la sustancia química más empleada con un 60% es el HNO<sub>3</sub>, con un 40% el HNO<sub>3</sub>, y el 10% de los otro tipo de compuesto químico; siendo aplicado entre las investigaciones 11 antecedentes de 13 quienes aplican la activación química utilizan reactivos químicos en sus metodologías de elaboración de biochar para poder obtener rendimientos más altos y un aumento en la porosidad.

Pudiendo decir que el reactivo más utilizado es el HNO<sub>3</sub> con una temperatura de 400 y 500 °C como se visualiza en el Anexo 2.

Khan et al., 2020. demostró en el Anexo N°2 que ocurre una adsorción del Pb en un 73,7% y 47,4% utilizando activación química con HNO<sub>3</sub> y una metodología física en la preparación del biochar con una temperatura de pirolisis de 550°C; lo cual es confirmado por Manzano et al., 2020. donde también obtuvo resultados favorables de adsorción del Pb en un 79% utilizando HNO<sub>3</sub> como activación química y una temperatura de pirolisis de 700°C.

De igual manera Khan et al., 2020. en su investigación aplicando HNO<sub>3</sub> como activación química obtuvo una adsorción para el Cr de un 99,1% y 86,2%, apoyado los resultados por Xiao et al., 2020. quien aplicó KCL compuesto químico para la activación del biochar obteniendo resultados óptimos de un 62%.

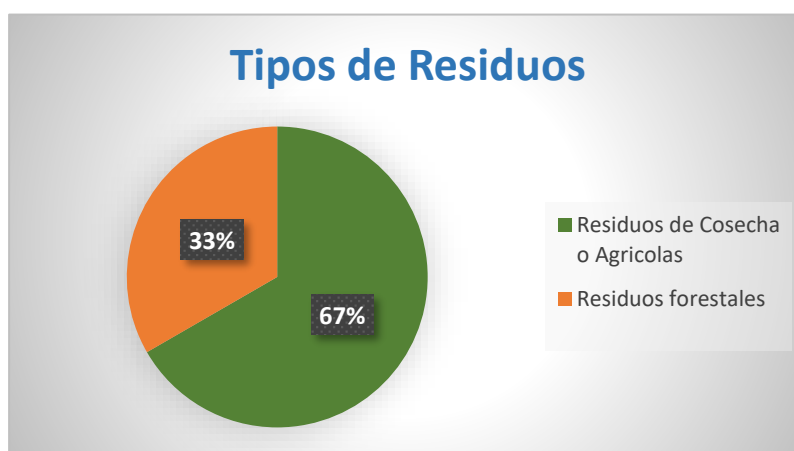
#### **4.2. Las materias primas más usadas para la elaboración de biochar**

Luego de revisar artículos referidos específicamente a la elaboración de biochar con diferentes tipos de materias primas aplicadas a la recuperación de suelos contaminados por actividad minera, hemos analizado que es una alternativa viable para el tratamiento de suelos contaminados con metales pesados; en el proceso de la aplicación del biochar el uso de residuos orgánicos e inorgánicos como los residuos de cosecha o forestales puede mostrar gran variedad de mecanismos de acumulación de metales en el biochar por su contenido microporoso, cabe mencionar que estos adsorbentes se han categorizado como el principal tema de investigación a nivel mundial y es considerado como un añadido valioso que facilita el desarrollo de un uso sostenible del suelo, por su fácil manipulación, bajo costo y



gran eficiencia en la capacidad de adsorción y remoción, se presenta a continuación en el Gráfico 3, de acuerdo a la base de datos del Anexo 3. Además, la eficiencia del biochar está relacionado con el material de elección (biochar) y las materias más empleadas para el aumento de la productividad del suelo.

Los resultados obtenidos en las revisiones bibliográficas nos indican que hay dos tipos de clasificaciones que provienen de las materias primas y/o biomásas residuales, para la elaboración del biochar, las cuales son: Residuos de cosechas o agrícolas y forestales. Como se muestran en el Anexo 3.



**Figura N° 05: Activación del biochar**  
*Elaboración propia*

En el gráfico 3, se realizó una recopilación de 20 antecedentes en la cual se seleccionaron 13 donde el 67% utiliza residuos de cosecha o agrícolas y el 33% residuos forestales; donde los residuos de cosecha presentan porcentajes intermedios de eficiencia en la adsorción de metales en rangos de 50 a 70% a diferencia de los residuos forestales, que presentan porcentajes de 70 a 90% de remoción ero siendo menores las cantidades de investigadores que lo utilizan; indicando Michael W., Schmidt I., (2007, p. 786) que los residuos forestales o de aserradero son menos empleados en elaboración de biochar debido al bajo valor agregado que se les ha atribuido desconociéndose sus utilidades y propiedades en la elaboración de biochar.

En la investigación de Gascó et al., 2019., utilizó como materia prima para la elaboración de biochar el estiércol de conejo el cual pertenece al grupo de residuos agrícolas, aplicando un tiempo de contacto de 60 días donde obtuvo porcentajes

de adsorción intermedios bajos del 2% en Cd; siendo refutado este resultado por Ali et al., 2020, quien también aplica residuo agrícola de la cascara de albaricoque aplicando un menor tiempo de contacto y obteniendo para el Cd porcentajes de remoción en un 33-37%. pudiendo indicar que el residuo agrícola, aunque es el más utilizado no presenta óptimos resultados en la adsorción de metales pesados.

En la investigación de Alhar et al., 2020. las MP utilizadas fueron paja de trigo y cáscara de arroz las dos pertenecientes a residuos agrícolas, obteniendo porcentajes de remoción del Pb y Zn en un 93% y 75% respectivamente, esta información que es compartida por el estudio de Wang et al., en el Anexo 3, quien también utilizó un residuo de cosecha siendo la paja de arroz, obteniendo resultados altos de remoción de los metales Cd y AS en un 91,2% y 109,6% respectivamente.

#### **4.3. Porcentaje de remoción de metales presentes en los suelos contaminados por actividades mineras al aplicar biochar.**

Después de realizar la revisión de 20 se seleccionaron 13 documentos sobre la remoción de metales presentes en los suelos contaminados por actividades mineras se obtuvo los resultados mostrados en el Anexo N° 4, donde el metal que más se quiere adsorber es el Cd, Pb y Zn, teniendo como porcentajes de remoción 70 - 90%, 40-70% y 50-60% respectivamente presentando intervalos más bajos el Cd.

De acuerdo con Pedrozo et al., (2011, p.391) el Cd es más complejo de ser adsorbido por el biochar, debido a sus características: el ser uno de los metales más pequeños lo hace tener mayor velocidad de difusión, mayor acceso a los poros y mayor posibilidad de ser adsorbidos.

En su investigación Gascó et al., 2019., en el Anexo 4 señala que entre los 4 metales a adsorber Co, Pb, Cd y Cu con una concentración de Cu (231 mg kg<sup>-1</sup>), Pb (302 mg kg<sup>-1</sup>), Zn (180 mg kg<sup>-1</sup>) y As (180 mg kg<sup>-1</sup>) el que más facilidad de adsorción presentó fue el Cd con un 57%; este resultado fue apoyado por Manzano et al., 2020., quien tuvo también resultados óptimos del Cd, Pb y Zn donde presentando una concentración parecida del Cd (4,8–74 mg kg<sup>-1</sup>), Pb (318–1899 mg kg<sup>-1</sup>), Zn (622– 3803 mg kg<sup>-1</sup>) obtuvo el 29%, 79% y 55% para Cd, Pb y Zn respectivamente.

## V. CONCLUSIONES

Se concluye que, entre las materias primas más usadas para la elaboración de biochar, aunque existe investigaciones de residuos en la aplicación de biochar para la adsorción de metales pesados producto de la actividad minera son pocas las investigaciones que se tiene a nivel mundial respecto a los que aplican los residuos forestales, y más enfoque se les da a los residuos de cosechas o agrícolas aun siendo demostrado que mayores resultados presentan los residuos forestales.

Por ello en relación al primer objetivo se tiene que la influencia de la metodología de preparación del biochar en la recuperación de suelos contaminados por actividad minera se tiene que son las metodologías físicas y químicas en igual porcentaje, ya que las dos son esenciales para obtener óptimos resultados. En la metodología Física se tiene que influye la temperatura de pirolisis, tiempo de preparación y RPM. En cuanto a la metodología química se determinó el uso de reactivos químicos para el mejoramiento de la remoción, los cuales fueron más aplicados en la preparación del biochar, entre ellos tenemos el Hidróxido de potasio, ácido fosfórico y permanganato de potasio.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Desde el punto de vista práctico Se recomienda la utilización de los residuos forestales en la elaboración del biochar para la remoción de metales pesados por actividades mineras, ya que se ha demostrado que existen buenos resultados, pero pocas investigaciones y esta tecnología ayuda a prolongar la vida útil del relleno sanitario, bajos costos y alta eficiencia.

Desde el punto de vista académico, se recomienda la ampliación de investigaciones en lo siguiente:

- Profundizar y clasificar otras metodologías para la elaboración del biochar: Existen otros métodos poco estudiados o a los que no se les da el debido interés como la torrefacción, método aplicado en la elaboración del biochar.
- Realizar comparación de diversos tipos de residuos para poderlos aplicar como enmienda en la elaboración de biochar y verificar que tan factible es su uso y de esta manera brindarles un valor agregado y disminuir la contaminación disminuyendo su aumento.

## REFERENCIAS

ABDIN, Yassir, et al. Competitive sorption and availability of coexisting heavy metals in mining-contaminated soil: Contrasting effects of mesquite and fishbone biochars. [En línea] Environmental Research, 2020, vol. 181, p. 108846. [Fecha de consulta: 18 de noviembre del 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.108846>

AGUAYO-Villarreal, I. BONILLA-Petriciolet, A. y MUÑOZ-Valencia, R. Synthesis of activated carbons from pecan nutshell and their application in the antagonistic adsorption of heavy metal ions. [En línea] vol 233, Marzo de 2017. [Citado el: 18 de noviembre de 2020.] <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167732216338247?via%3Dihub>

Albert et al., Influence of biochar and soil properties on soil and plant tissue concentrations of Cd and Pb: A meta-analysis [En línea]. 2020, [Fecha de consulta: 06 de noviembre del 2020].

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142582>

ALHAR, Maysaa AM; THOMPSON, David F.; OLIVER, Ian W. Mine spoil remediation via biochar addition to immobilise potentially toxic elements and promote plant growth for phytostabilisation. [En línea]. Journal of Environmental Management, 2020, vol. 277, p. 111500. [Fecha de consulta: 06 de noviembre del 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111500>

ALI, Amjad, et al. Apricot shell-and apple tree-derived biochar affect the fractionation and bioavailability of Zn and Cd as well as the microbial activity in smelter contaminated soil. [En línea]. Environmental Pollution, 2020, p. 114773. , [Fecha de consulta: 13 de noviembre del 2020].

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114773>

Alonso. L., et al. Biochar como enmienda en un oxisol y su efecto en el crecimiento de maíz. Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación científica, [En línea], 2016, 19(2): 341-349 pp. [Fecha de consulta: 07 de noviembre del 2020]

Disponible en: <https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/view/88/58>

Ahmaruzzaman, M., & Gupta, V. Rice Husk and Its Ash as Low-Cost Adsorbents in Water and Wastewater Treatment [En línea]. octubre 2011, [Fecha de consulta: 07 de noviembre del 2020].

Disponible en: <https://doi.org/10.1021/ie201477c>

BERALDI, Agustina, et al. Modelado de la isoterma de adsorción de cr (vi) empleando carbón activado como adsorbente. [En línea]. 2017. [Fecha de consulta: 18 de noviembre del 2020].

Corredor et al. potencial zeta ( $\zeta$ ) como criterio de optimización de dosificación de coagulante en planta de tratamiento de agua potable. Dyna, 2012, vol. 79, no 175, p. 166-172. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/18293>

Falciglia et al. Reclamation of Sites Impacted by Mining Activities: Stabilization / Solidification of  $^{232}\text{Th}$ -Contaminated Soils [En línea]. En Assessment, Restoration and Reclamation of Mining Influenced Soils. Academic Press, 2017. p. 329-354. [Fecha de consulta: 7 de noviembre de 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809588-1.00012-8>

FAN, Jin, et al. One-pot synthesis of nZVI-embedded biochar for remediation of two mining arsenic-contaminated soils: Arsenic immobilization associated with iron transformation. [En línea]. Journal of Hazardous Materials, 2020, p. 122901. . [Fecha de consulta: 13 de noviembre de 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122901>

GASCO, G., et al. Combining phytoextraction by Brassica napus and biochar amendment for the remediation of a mining soil in Riotinto (Spain). [En línea]. Chemosphere, 2019, vol. 231, p. 562-570. [Fecha de consulta: 13 de noviembre de 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.05.168>

JUN et al. Effect of lychee biochar on the remediation of heavy metal-contaminated soil using sunflower: A field experiment. [En línea]. Environmental Research, 2020, vol. 188, p. 109886. [Fecha de consulta: 14 de noviembre de 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109886>

KHAN, Amir Zeb, et al. Popular wood and sugarcane bagasse biochars reduced uptake of chromium and lead by lettuce from mine-contaminated soil. [En línea]. Environmental Pollution, 2020, p. 114446. [Fecha de consulta: 18 de noviembre de 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114446>

KHAN, Amir Zeb, et al. Biochar reduced the uptake of toxic heavy metals and their associated health risk via rice (*Oryza sativa* L.) grown in Cr-Mn mine contaminated soils. [En línea]. *Environmental Technology & Innovation*, 2020, vol. 17, p. 100590. [Fecha de consulta: 20 de noviembre de 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.eti.2019.100590>

Kicinska A. y Wikar J., Ecological risk associated with agricultural production in soils contaminated by the activities of the metal ore mining and processing industry - example from southern Poland. [En línea]. *Soil and Tillage Research*, vol. 205, p. 104817. [Fecha de consulta: 7 de noviembre de 2020].

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104817>

Jin et al., Systematic relationship between soil properties and organic carbon mineralization based on structural equation modeling analysis. [En línea]. *Journal of Cleaner Production*, 2020, vol. 277, p. 123338. [Fecha de consulta: 10 de noviembre de 2020].

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123338>

kumar ponnusamy et al., REVIEW on sustainable production of biochar through hydrothermal liquefaction: Physico-chemical properties and applications. *Bioresource Technology* [En línea]. 2020 [Fecha de consulta: 6 de noviembre del 2020].

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biotech.2020.123414>

Liu et al., The effect of several activated biochars on Cd immobilization and microbial community composition during in-situ remediation of heavy metal contaminated sediment. Por Liu [et al]. [En línea]. vol. 208. [Fecha de consulta: 10 de noviembre de 2020]. Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.06.023>

MANZANO, Rebeca, et al. Addition of softwood biochar to contaminated soils decreases the mobility, leachability and bioaccessibility of potentially toxic elements. [En línea]. *Science of The Total Environment*, 2020, p. 139946. [fecha de consulta: 18 de noviembre de 2020] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139946>

MARIAPPAN et al., Use of chemically activated cotton nut shells carbon for the removal of fluoride contaminated drinking water: kinetics evaluation [En línea]

Vol 23. Número 4, Abril de 2015. [fecha de consulta: 10 de noviembre de 2020]  
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cjche.2014.05.019>

MONJE, Carlos. Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa [en línea]. Neiva – 2011. [Fecha de consulta: 29 de noviembre del 2020]. Disponible en <https://www.uv.mx/rmipe/files/2017/02/Guia-didacticametodologia-de-la-investigacion.pdf>

Mohankumar,k, V., Hariharan y Prasada R. Heavy Metal Contamination in Groundwater around Industrial Estate vs Residential Areas in Coimbatore, India. [en línea] Pulmet.Biochemistry, 2016. [fecha de consulta: 16 de noviembre del 2020]. DOI: 10.7860/JCDR/2016/15943.7527

Mujtaba, et al. Synergistic effects of biochar and processed fly ash on bioavailability, transformation and accumulation of heavy metals by maize (*Zea mays* L.) in coal-mining contaminated soil. [en línea] Chemosphere, 2020, vol. 240, p. 124845. [fecha de consulta: 14 de noviembre del 2020].  
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.124845>

Murakami et al., Ecological footprint and total material requirement as environmental indicators of mining activities: Case studies of copper mines. [En línea]. 2016 [Fecha de consulta: 6 de noviembre del 2020].  
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.indic.2020.100082>

NAVARRO, Fernando Martos. Auxiliares Administrativos de Corporaciones Locales Del País Vasco. [En línea]. Test. MAD-Eduforma, 2005. [Fecha de consulta: 29 de noviembre del 2020]. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=z9XuER3zjTAC&lpg=PA666&dq=que%20es%20el%20an%C3%A1lisis%20documental&hl=es&pg=PA666#v=onepage&q&f=false>

O'Connor et al. Sulfur-modified rice husk biochar: a green method for the remediation of mercury contaminated soil. [En línea]. Science of the total environment, 2018, vol. 621, p. 819-826. 2016 [Fecha de consulta: 15 de noviembre del 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.11.213>

Pandey, D., Daverey. A y Arunachalam. K. Biochar: Production, Properties and Emerging role as a Support for Enzyme Immobilization [En línea]. 2020, vol 255. [Fecha de consulta: 07 de noviembre del 2020].  
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120267>



CARBONES activados a partir de bagazo de caña de azúcar y zuro de maíz para la adsorción de cadmio y plomo por Pedrozo [et al]. Rev. Colomb. cienc. Exact. fis. nat. [En línea]. 2011, vol.35 n.136. [Fecha de consulta: 22 de noviembre del 2020]. Disponible:

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0370-39082011000300012&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-39082011000300012&lng=en&nrm=iso) ISSN: 0370-3908

POINERN, Gerrad. [Et al] Adsorption of the aurocyanide, Au(CN)<sub>2</sub><sup>-</sup> complex on granular activated carbons derived from macadamia nut shells – A preliminary study. [en línea] science direct. Volume 24, Issue 15, December 2011, Pages 1694-1702. [Fecha de consulta: 18 de noviembre 2020] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2011.09.011>

Puga et al., HEAVY METALS POLLUTION IN SOILS DAMAGED BY MINING INDUSTRY. [En línea]. Diciembre 2006, [Fecha de consulta: 7 de noviembre del 2020]. Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S172622162006000100020&script=sci\\_abstract](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S172622162006000100020&script=sci_abstract)

ISSN 1726-2216

Plenge et al., P. (2012). Minería informal e ilegal y contaminación con mercurio en Madre de Dios: Un problema de salud pública. V. 29, Perú. 29(1). 38p. ISSN 1728-5917

Reyes, Y., et al. Contaminación por metales pesados: implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo, Colombia, 2016. [En línea], 16 (2): pp. 66-77. [Fecha de consulta: 27 de octubre del 2020]

ISSN: 2422-4324

ROBLEDO, Cesar. Técnicas y proceso de investigación. Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ciencias Médicas. USAC Unidad Didáctica de Investigación, 2003, vol. 1, p. 63-73

SALGADO et al. Investigación cualitativa: diseños, evaluación del rigor metodológico y retos [en línea]. Lima, 2007. Vol. 13. [Fecha de consulta: 29 de noviembre del 2020]. Disponible en [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S17294827200700010009](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S17294827200700010009)

Sociedad Nacional de Minería Petróleo y Energía. SNMPE-Education. [En línea] [Fecha de consulta: 23 de octubre del 2020].

Disponible en: <http://www.exploradores.org.pe/mineria/principales-paisesproductores-de-minerales.html>

Trujillo, E., et al. Producción y caracterización química de biochar a partir de residuos orgánicos avícolas. Rev. Soci. Quim. Perú. [En línea], 2019, 85(4): 489-504 pp. [Fecha de consulta: 06 de noviembre del 2020].

Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v85n4/2309-8740-rsqp-85-04-489.pdf>

AGUAYO-Villarreal, I. BONILLA-Petriciolet, A. y MUÑOZ-Valencia, R. Synthesis of activated carbons from pecan nutshell and their application in the antagonistic adsorption of heavy metal ions. [En línea] vol 233, Marzo de 2017. [Fecha de consulta: 10 de noviembre de 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167732216338247?via%3Dihub>

Wang et al., SORPTION and of Pb (II) to biochar as affected by oxidation an pH. Science of the total environment [En línea]. Septiembre 2018, vol 634. [Fecha de consulta: 10 de noviembre de 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.189>

WANG, Hong-Tao, et al. The effect of biochar on soil-plant-earthworm-bacteria system in metal (loid) contaminated soil. [En línea]. Environmental Pollution, 2020, p. 114610. [Fecha de consulta: 10 de noviembre de 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114610>

XIAO et al. Combined effects of rice straw-derived biochar and water management on transformation of chromium and its uptake by rice in contaminated soils. [En línea]. Ecotoxicology and Environmental Safety, 2020, vol. 208, p. 111506. [Fecha de consulta: 115 de noviembre de 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111506>

Yang C., y Lu S., Effects of five different biochars on aggregation, water retention and mechanical properties of paddy soil: A field experiment of three-season crops. [En línea]. Soil and Tillage Research, vol. 205, p. 104798. [Fecha de consulta: 10 de noviembre de 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104798>

ZHANG, X. et al. Using biochar for remediation of soils contaminated with heavy metals and organic pollutants. [En línea], 2013. [Fecha de consulta: 9 de noviembre de 2020]. Disponible en: <https://doi.10.1007/s11356-013-1659-0>

## ANEXOS

### *Anexo 1: Matriz de categorización apriorística*

Objetivos específicos	Problemas específicos	Categorías	Subcategorías	Unidad de análisis
Determinar la influencia de la metodología de preparación del biochar en la recuperación de suelos contaminados por actividad minera.	¿Cuál es la influencia de la metodología de preparación del biochar en la recuperación de suelos contaminados por actividad minera?	Metodología	-Físicas -Químicas	(Ponnusamy et al., 2020, p. 2),
Determinar cuáles son las materias primas más usadas para la elaboración de biochar.	¿Cuáles son las materias primas más usadas para la elaboración de biochar?	Material precursor	-Residuos de cosecha -Residuo agrícola	(Ahmaruzzaman M, Gupta, V., 2011, p.13591), (Ponnusamy et al., 2020, p. 2), (Zhang et al. 2019, p.1),
Determinar los metales con mayor facilidad de adsorción por el biochar presentes en los suelos contaminados por actividades mineras.	¿Cuáles son los metales con mayor facilidad de adsorción por el biochar presentes en los suelos contaminados por actividades mineras?	Metales con mayor adsorción	-Cd -Pb -Zn	

**Anexo 2: Anexo de Ficha de Datos**

<b>Objetivos específicos</b>	<b>Problemas específicos</b>	<b>Categorías</b>	<b>Sub categorías</b>	<b>Unidad de análisis</b>
Determinar la influencia de la metodología de preparación del biochar en la recuperación de suelos contaminados por actividad minera.	¿Cuál es la influencia de la metodología de preparación del biochar en la recuperación de suelos contaminados por actividad minera?	Metodología	-Físicas -Químicas	(Ponnusa my et al., 2020, p. 2),
Determinar cuáles son las materias primas más usadas para la elaboración de biochar.	¿Cuáles son las materias primas más usadas para la elaboración de biochar?	Material precursor	-Residuos de cosecha -Residuo agrícola	(Ahmaruzz aman M, Gupta, V., 2011, p.13591), (Ponnusa my et al., 2020, p. 2), (zhang et al. 2019, p.1),
Determinar los metales con mayor facilidad de adsorción por el biochar presentes en los suelos contaminados por actividades mineras.	¿Cuáles son los metales con mayor facilidad de adsorción por el biochar presentes en los suelos contaminados por actividades mineras?	Metales con mayor adsorción	-Cd -Pb -Zn	

**Anexo 3: Anexo de Ficha de Datos**

Título	Revisión sistemática de biochar como enmienda para la recuperación de suelos contaminados por actividades mineras
Autor:	
Escuela:	Ingeniería Ambiental
Datos del documento	
Autor	
Título	
Tipo de documento	
Año de publicación	
Objetivo	
Tipo de Material precursor	
Metodologías De preparación	
Metal con mayor adsorción	
Resultados	

**Anexo 4: Influencia de la metodología de preparación del biochar en la recuperación de suelos contaminados por actividad minera**

Autor	Tipo de Materia prima	Método de preparación de biochar				Remoción
		Activación Física			Activación química	
		Tiempo	T°	Agitación		
Gascó et al., 2019	Estiércol de conejo canola (Brassica napus)	1 hora	450 y 600°C	-	HCl (3mL) HNO3 (1mL)	-Con Brassica napus: Co =49% Pb = 11% Cd = 2% Cu = 57% Biochar con estiércol de conejo: Co = 66% Cd = 57% Pb = 18% Zn = 16% Cu = 43%
Fan et al., 2020	-Aserrín (Pinus sp)	4 horas	800°C	4000RPM	(NH4)2SO4 (50mL)	As = 93%
Ali et al., 2020	-Cáscara de albaricoque (ASB) -Manzano (ATB) / -Prunus armeniaca L. -Rosaceae	2 horas	500°C	-	HNO3 HCl HClO4	Zn = 36-41% Cd = 33-37%

Mujtaba et al., 2019	-Maíz / Zea mays L.	30 minutos	500°C	-	H2SO4 HCl	Cu = 35,43% Zn = 19,67% Cd = 33,49% Pb = 34,76%
Jun et al., 2020	- Girasol / -Helianthus annuus	6 horas	500°C	-	NaOCl	Pb= 12.4% Cd = 11.0% As = 4.35% Zn = 8.17%
O'Connor et al., 2018	-Cáscara de arroz / -Oryza sativa	-	-	-	HCl (0,25 ml) HNO3 4:1	Hg = 99%
Alhar et al., 2020	-Paja de trigo -Cáscara de arroz / -Triticum -Oryza sativa	-	-	-	-	Pb = 93% Zn = 75%
Xiao et al., 2020	-Paja de arroz / -Oryza sativa L.	6 horas	500°C	10,000RPM	KCl	62% de Cr (VI) a Cr (III)
Abdin et al., 2019	-Madera de Mezquite / Prosopis; L.	4horas	400 y 600 °C	150RPM	-	Cd = 32.7% y 33.8% Pb = 40.0% y 43.0% Cu = 61.7% y 66.2% Zn = 48.3% y 55.6%



Khan et al., 2020	-Madera de álamo -Bagazo de caña de azúcar / L. Populus tremula L. Saccharum officinarum	5 horas	550°C	180RPM	HNO3 (10ml.)	Bagazo de caña Cr = 69% Pb = 73,7% Madera de Álamo Cr = 57% Pb = 47,4%
Manzano et al., 2020	-Madera blanda	-	700°C	3000RPM	HNO3 y HCL Relación 3/1	Cd = 29% Pb = 79% Zn = 55%
Wang et al., 2020	-Paja de arroz (Oryza sativa)	4 y 5 horas	500°C	250RPM	HNO3/H2O2 (8mL)	Cd = 91,2% As = 109,6%
Khan et al., 2019	-Madera dura (HWB) -Arroz (Oryza sativa)	1hora	500°C	180RPM	HNO3 concentrado (100ul)	Madera Cr = 99,1 % Cu = 71,7% Zn = 61,7% Pb = 36,4% Mn = 47,9%, Arroz Cr = 86.2% Zn = 96.6% Cu = 98.2% Pb = 98.8% Mn = 81.8%

**Anexo 5: Tabla de clasificación de tipos de materiales precursores para la elaboración de biochar**

<b>Autor</b>	<b>Material Precursor</b>	<b>Recurso</b>	<b>Tiempo De contacto</b>	<b>Concentrac. biochar</b>	<b>Extracción</b>
Gascó et al., 2019	Estiércol de conejo canola (Brassica napus)	Residuo agrícola	60días	-	-Con Brassica napus: Co =49% Pb = 11% Cd = 2% Cu = 57% Biochar con estiércol de conejo: Co = 66% Cd = 57% Pb = 18% Cu = 43%
Fan et al., 2020	-Aserrín (Pinus sp)	Residuo forestal	1hora	-	As = 93%
Ali et al., 2020	-Cáscara de albaricoque (ASB) -Manzano (ATB) / -Prunus armeniaca L. -Rosaceae	Residuo Agrícola	50días	550g	Zn = 36-41% Cd = 33-37%

Mujtaba et al., 2019	-Maíz / Zea mays L.	Residuo Agrícola	60días	5,64 g kg <sup>1</sup>	Cu = 35,43% Zn = 19,67% Cd = 33,49% Pb = 34,76%
Jun et al., 2020	- Girasol / -Helianthus annuus	Residuo Agrícola	6horas	2.5, 5 g	Pb= 12.4% Cd = 11.0% As = 4.35% Zn = 8.17%
O'Connor et al., 2018	-Cáscara de arroz / -Oryza sativa	Residuo Agrícola	5 días	67,11 mg g.	Hg = 99%
Alhar et al., 2020	-Paja de trigo -Cáscara de arroz / -Triticum -Oryza sativa	Residuo Agrícola	-		Pb = 93% Zn = 75%
Xiao et al., 2020	-Paja de arroz / -Oryza sativa L.	Residuos Agrícola	2 a 3 días	0,5 g kg <sup>-1</sup> 10 g kg <sup>-1</sup>	62% de Cr (VI) a Cr (III)
Abdin et al., 2019	-Madera de Mezquite / Prosopis; L.	Residuo forestal	2horas	30 g kg <sup>-1</sup>	Cd = 32.7% y 33.8% Pb = 40.0% y 43.0%

					Cu = 61.7% y 66.2% Zn = 48.3% y 55.6%
Khan et al., 2020	-Madera de álamo -Bagazo de caña de azúcar / L. Populus tremula L. Saccharum officinarum	Residuo forestal / Residuo agrícola	60 días	7% de caña de azúcar 7% Maderade álamo	Bagazo de caña Cr = 69% Pb = 73,7% Madera de Álamo Cr = 57% Pb = 47,4%
Manzano et al., 2020	-Madera blanda	-Residuo forestal	1 mes	5%	Cd = 29% Pb = 79% Zn = 55%
Wang et al., 2020	-Paja de arroz (Oryza sativa)	-Residuo de cosecha	60 días	2,5%	Cd = 91,2% As = 109,6%
Khan et al., 2019	-Madera dura (HWB) -Arroz (Oryza sativa)	-Residuo forestal -Residuo de cosecha	1 semana	1.0 g	

**Anexo 5: Metales con mayor facilidad de adsorción por el biochar en los suelos contaminados por actividades mineras.**

<b>Autor</b>	<b>Adsorción de Metal</b>	<b>Material carbonizado</b>	<b>Metal inicial</b>
Gascó et al., 2019	-Con Brassica napus: Co =49% Pb = 11% Cd = 2% Cu = 57% Biochar con estiércol de conejo: Co = 66% Cd = 57% Pb = 18% Zn = 16% Cu = 43%	Estiércol de conejo canola (Brassica napus)	Cu (231 mg kg <sup>1</sup> ) Pb (302 mg kg <sup>1</sup> ) Zn (180 mg kg <sup>1</sup> ) As (180 mg kg <sup>1</sup> )
Fan et al., 2020	As = 93%	-Aserrín (Pinus sp)	1902 mg kg <sup>-1</sup>
Ali et al., 2020	Zn = 36-41% Cd = 33-37%	-Cáscara de albaricoque (ASB) -Manzano (ATB) / -Prunus armeniaca L. -Rosaceae	Zn (1860,0 mg kg <sup>-1</sup> ) Cd (39,9 mg kg <sup>-1</sup> )
Mujtaba et al., 2019	Cu = 35,43% Zn = 19,67% Cd = 33,49% Pb = 34,76%	-Maíz / Zea mays L.	Cu = 12,52 g kg <sup>1</sup> Zn = 12,11 g kg <sup>1</sup> Cd = 9,23 g kg <sup>1</sup> Pb = 10,13 g kg <sup>1</sup>
Jun et al., 2020	Pb= 12.4% Cd = 11.0% As = 4.35%	- Girasol / -Helianthus annuus	Pb = 161 mg kg <sup>1</sup> Cd = 4,41 mg kg <sup>1</sup> As = 21,5 mg kg <sup>1</sup>

	Zn = 8.17%		Zn = 187 mg kg <sup>-1</sup>
O'Connor et al., 2018	Hg = 99%	-Cáscara de arroz / -Oryza sativa	1000 = mg kg <sup>-1</sup>
Alhar et al., 2020	Pb = 93% Zn = 75%	-Paja de trigo -Cáscara de arroz / -Triticum -Oryza sativa.	-
Xiao et al., 2020	62% de Cr (VI) a Cr (III)	-Paja de arroz / -Oryza sativa L.	306,5 mg kg <sup>-1</sup>
Abdin et al., 2019	Cd = 32.7% y 33.8% Pb = 40.0% y 43.0% Cu = 61.7% y 66.2% Zn = 48.3% y 55.6%	-Madera de Mezquite / Prosopis; L.	50mL de solución de metales que oscilan entre 10 y 200 mg L <sup>-1</sup>
Khan et al., 2020	Bagazo de caña Cr = 69% Pb = 73,7% Madera de Álamo Cr = 57% Pb = 47,4%	-Madera de álamo -Bagazo de caña de azúcar / L. Populus tremula L. Saccharum officinarum	
Manzano et al., 2020	Cd = 29% Pb = 79% Zn = 55%	-Madera blanda	Cd (4,8–74 mg kg <sup>-1</sup> ) Pb (318–1899 mg kg <sup>-1</sup> ) Zn (622– 3803 mg kg <sup>-1</sup> )

Wang et al., 2020	Cd = 91,2% AS = 109,6%.	-Paja de arroz (Oryza sativa)	As = 23,90 y 46,56 mg kg <sup>-1</sup> Cd = 4,95 y 10,53 mg kg <sup>-1</sup>
Khan et al., 2019	Madera Cr = 99,1 % Cu = 71,7% Zn = 61,7% Pb = 36,4% Mn = 47,9%, Arroz Cr = 86.2% Zn = 96.6% Cu = 98.2% Pb = 98.8% Mn = 81.8%	-Madera dura (HWB) -Arroz (Oryza sativa)	Cr = 602 mg / kg Cu = 157 mg / kg Mn = 331,2 mg / kg Zn = <100 mg / kg Pb = <100 mg / kg



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

### **Declaratoria de Originalidad de los Autores**

Nosotros, HUAMANI HUAYLLA FRANZ, ORE HUAMAN ROLY estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Revisión sistemática de Biochar como enmienda para la recuperación de suelos contaminados por actividades mineras", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Firma</b>
ORE HUAMAN ROLY <b>DNI:</b> 45828908 <b>ORCID</b> 0000-0002-4690-342X	Firmado digitalmente por: ROOREH el 21-06-2021 15:56:04
HUAMANI HUAYLLA FRANZ <b>DNI:</b> 47571197 <b>ORCID</b> 0000-0003-0438-6417	Firmado digitalmente por: FRHUAMANIH el 21-06- 2021 15:57:41

Código documento Trilce: INV - 0232928