



Universidad César Vallejo

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Uso de Residuos Orgánicos Bio-Adsorbentes para la Remoción
de Metales Pesados en Efluentes Mineros: Revisión sistemática**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERA AMBIENTAL

AUTORAS:

Bobadilla Gonzales, Milena Fernanda (ORCID: 0000-0001-5950-4789)

Carrillo Rios, Lizeth Briggith (ORCID: 0000-0001-8850-5772)

ASESOR:

Mg. Grijalva Aroni, Percy Luis (ORCID: 0000-0002-2622-784X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA – PERÚ

2022

Dedicatoria

Nuestro trabajo de investigación lo dedicamos únicamente a nuestros padres, ya que con su apoyo incondicional y económico en todo momento de nuestras vidas han sabido guiarnos inculcando siempre en nosotras valores, son uno de nuestros motivos a seguir adelante.

Agradecimiento

A nuestros padres y hermanas, que siempre nos han brindado su apoyo ilimitado y honesto, son a quienes debemos este logro profesional, por el esfuerzo y dedicación para darnos una formación académica, a ellos es todo nuestro agradecimiento.

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de gráficos y figuras.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	10
3.1. Tipo y diseño de investigación	10
3.2. Categorías, Subcategorías y matriz de categorización	10
3.3. Escenario de estudio.....	14
3.4. Participantes.....	14
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	14
3.6. Procedimiento	15
3.7. Rigor científico.....	16
3.8. Método de análisis de datos.....	16
3.9. Aspectos ético	17
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	18
V. CONCLUSIONES	29
VI. RECOMENDACIONES.....	30
REFERENCIAS.....	31
ANEXOS	42

Índice de tablas

Tabla N° 1 Matriz de categorización apriorística	11
Tabla N° 2 Criterio de búsqueda	15
Tabla N° 3 Mención de los materiales bio-adsorbentes usados para la eliminación de metales pesados en efluentes	18
Tabla N° 4 Porcentajes de eficiencia para la remoción de los metales en efluentes	20
Tabla N° 5 Tiempo de bio-adsorción para la remoción de metales en efluentes	22
Tabla N° 6 Cantidad de metales pesados tratados mediante la técnica de adsorción	26
Tabla N° 7 Artículos de residuos orgánicos de plomo	28

Índice de gráficos y figuras

Figura N° 1: Tres sistemas para la descontaminación de agua residual bio-adsorbentes.	2
Figura N° 2: Esquema de distintas de filtración por membrana.	3
Figura N° 3: Bio-adsorción de metales pesados.	8

Resumen

Debido a la preocupación existente en el mundo sobre los estragos ocasionados por la industria al medio ambiente. Es que nace nuestro principal problema que da pie a esta investigación. La contaminación producida por los efluentes de actividades mineras los cuales tienen un alto contenido de metales pesados. Por ello que el presente trabajo de investigación busca una manera de remediar esta situación, mediante la búsqueda de publicaciones en diferentes repositorios de universidades en el mundo y revistas científicas; las cuales nos brindan soporte para poder determinar la efectividad del uso de residuos orgánicos bio-adsorbentes para la remoción de los metales pesados en los efluentes. En la parte metodología se usó la revisión sistemática y fue del tipo de investigación aplicada, con el enfoque cualitativo de diseño narrativo, transversal y no experimental.

El tipo de metodología ayudó a revisar, analizar y comparar los diversos materiales orgánicos utilizados al rededor del mundo para la remoción de metales en efluentes, dándonos un panorama más amplio para la decisión según la efectividad de los materiales orgánicos, siendo objeto de estudio la piedra caliza, el compost y el humus de lombriz.

Palabras clave: Metales pesados, residuos orgánicos, efluentes.

Abstract

Due to the concern in the world about the damage caused by the industry to the environment. It is that our main problem is born that gives rise to this investigation. Pollution produced by effluents from mining activities which have a high content of heavy metals. For this reason, this research work seeks a way to remedy this situation, by searching for publications in different repositories of universities in the world and scientific journals; which will provide us with support to be able to determine the effectiveness of the use of bio-adsorbent organic waste for the removal of said heavy metals in the effluents. The methodology used is a systematic review, of the type of his applied research, with a qualitative approach of narrative, cross-sectional design and non-experimental.

This type of methodology helps to review, analyze and compare the various organic materials used around the world for the removal of metals in effluents, giving us a broader panorama for the decision according to the effectiveness of organic materials, stone being the object of study limestone, compost and earthworm humus.

Keywords: Heavy metals, organic waste, effluents.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente existe una preocupación a nivel nacional e internacional por la gravedad en la que ha aumentado los diferentes problemas ambientales, y en el cual se encuentra dañando el planeta, uno de estos problemas son los relaves mineros.

La minería es el sector productivo más importante en la economía de un país, en los últimos años ha generado controversia, por el proceso inadecuado con el cual se lleva a cabo, y genera graves problemas ambientales, es importante destacar que los efluentes mineros son perjudiciales para las actividades biológicas, ya que contaminan las fuentes de aguas y también pueden causar daños.

Los drenajes ácidos de las actividades mineras, contienen gran cantidad de metales disueltos, siendo un problema principal de contaminación, el cual persiste durante cientos de años, por ello, se requiere el uso de tecnologías de tratamiento que sean de bajo costo durante su proceso y mantenimiento, y que permitan las precipitaciones metálicas y ácidas, reteniendo así la materia contaminante.

El presente trabajo de investigación se realizó a partir de la siguiente interrogante para el planteamiento como problema general: ¿Cuál es el efecto de uso de residuos orgánicos bio-adsorbentes para la remoción de metales pesados en efluentes mineros? Y de los siguientes problemas específicos: 1. ¿Cuáles serían los materiales bio-adsorbentes a utilizar para la remoción de metales pesados en efluentes mineros? 2. ¿Cuál es el porcentaje de eficiencia al utilizar residuos orgánicos bio-adsorbentes como agentes para la remoción de metales pesados en efluentes mineros? 3. ¿Cuál es el tiempo de bio-adsorción de metales pesados en efluentes mineros usando los residuos orgánicos?

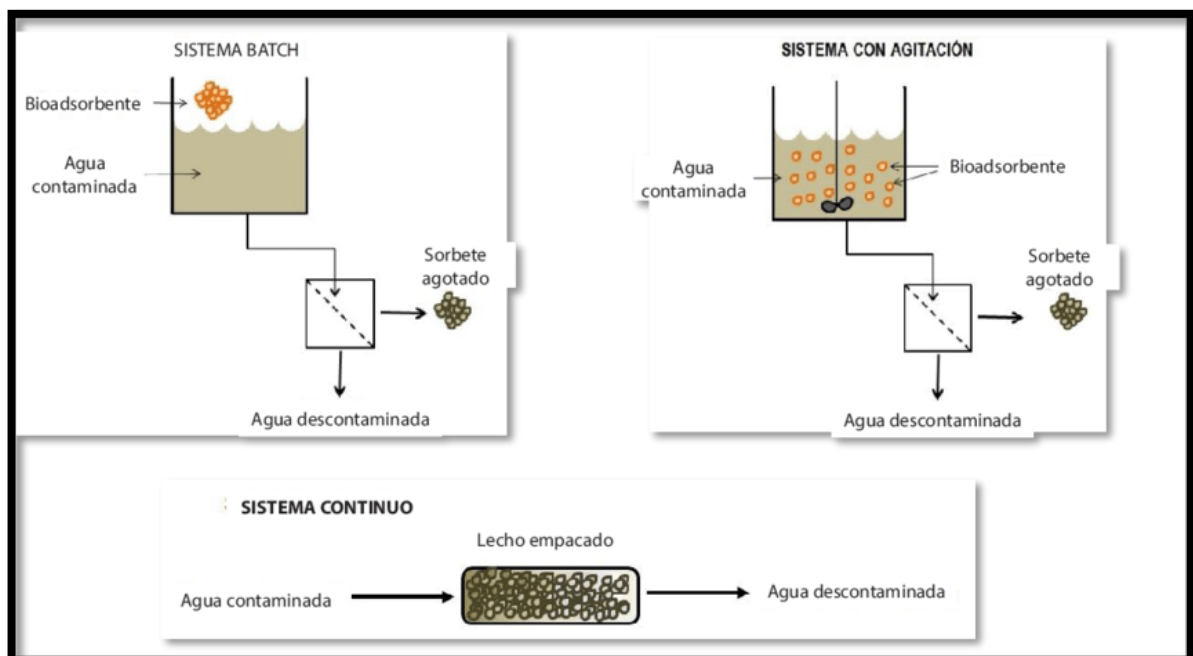
El estudio es justificado ambientalmente, porque se busca promover la utilización de materiales bio-adsorbentes como medios para la remediación de daños

ambientales en general, pero para nuestro caso de estudio es dirigido hacia los efluentes mineros. Como justificación social, en nuestro caso de estudio esta investigación podría ser referente para futuras aplicaciones de remediación en áreas de influencia de unidades mineras; permitiendo la participación de la comunidad y la empresa minera para la remediación y control de efluentes, permitiendo así la convivencia en armonía de minería y medioambiente.

Debido al problema planteado, se ideó como nuestro objetivo principal: Determinar el efecto del uso de residuos orgánicos bio-adsorbentes para la remoción de metales pesados en efluentes mineros y así mismo los objetivos específicos son:

1. Identificar los materiales bio-adsorbentes a utilizar para la remoción de metales pesados en efluentes mineros,
2. Determinar el porcentaje de eficiencia al utilizar residuos orgánicos bio-adsorbentes como agentes para la remoción de metales pesados en efluentes mineros,
3. Determinar el tiempo de bio-adsorción con residuos orgánicos de metales pesados en los efluentes mineros.

Fig. 1 Tres sistemas para la descontaminación de agua residual bioadsorbentes.



Fuente: Patricia de la Cruz

Fig. 2 Esquemas de distintas técnicas de filtración de membrana.



Fuente: Pabón, S, E., Benitez, Sarria Villa R.A

Esta técnica generalmente es usada para la recuperación de sales metálicas usadas en el proceso de galvanoplastia, entre otros. Como se muestra en la figura. 2, las técnicas como microfiltración, ultrafiltración y nanofiltración son ejemplos de algunas de las técnicas de remoción que son llevadas a cabo por el método de filtración de membrana.

II. MARCO TEÓRICO

Como antecedentes nacionales de nuestra presente investigación tenemos:

(Merli, y otros, 2020) investigaron la “Remoción de metales pesados de aguas residuales mineras, mediante cáscaras de frutas” Metodológicamente fue de tipo experimental, la técnica utilizada es la aplicación de un filtro de bioadsorción con fibras lignocelulósicas (cáscaras de plátano, coco y naranja), se usó el esquema de mezcla Simplex Lattice que corresponde al diseño de experimentos (DOE), que, según los investigadores en diez tratamientos se produjo una caída del pH final con el inicial, en un rango de pH (2-5), el pH inicial > pH final, esto sucede porque el rango de pH, la reacción del agua y la superficie del biosorbente crea la liberación de iones OH, aumentado así el valor del pH. El diseño estadístico simplex lattice, a través de la superficie de reacción triangular estableció que método de tratamiento es el más efectivo en la remoción de cobre, hierro y plomo, resultando la unión de la cáscara de coco con mayor participación en la remoción de cobre, coco y menor porcentaje de naranjas en la remoción del hierro y las que tuvieron mejor rendimiento en la remoción del plomo fueron las pieles de naranja.

(Paolo, y otros, 2015) investigaron el “Tratamiento de aguas residuales por métodos pasivos y activos en el sistema experimental” para manejar las aguas residuales contaminadas con metales pesados, se llegaron a utilizar métodos pasivos y activos en sistemas experimentales, que incluyen humus comercial, compost comercial y membranas semipermeables (vejiga de chanco). En los resultados para el sistema humus comercial mediante el análisis químico cuantitativo se pudo observar que la concentración promedio del mercurio, era la menor con respecto a otros metales pesados contenidos en el agua, mientras que en el sistema compost comercial la concentración del mercurio también era la menor con respecto a los demás metales pesados, la evaluación final del efecto de la membrana semipermeable sobre el efluente contaminado fue que no se detectó la presencia del mercurio.

(Edgar, y otros, 2016) investigaron un “Sistema de tratamiento para efluentes en minería” en esta investigación se ha estudiado la eficiencia de un sistema para el tratamiento de aguas, se ha diseñado, construido y evaluado un sistema que consta de cuatro etapas principales, como son: sedimentación, filtración, congelación, condensadores y finalmente tratado con biofiltros a base de *Aspergillus niger* y *Rhizopus sp*; trabajamos con una muestra que incluyó por pasos, los parámetros físicos y químicos como la DBO5, DQO, sulfatos y cromo fueron monitoreados antes y después del tratamiento, como palabras claves indicado en su revista “EPG” fueron cromo, biofiltros, electrocoagulación, *Aspergillus niger*, *Rhizopus sp*.

Como conclusión a su investigación, el sistema desarrollado basado en las cuatro etapas principales, se pudo reducir la DQO en 83, 33% y el cromo en más del 84% con una densidad final de 7,786 ppm, a partir de una muestra que incluía procesos de lavado, remojo, curtido, desincrustado y lubricado. Existen diferentes métodos para tratar las aguas residuales mineras, el modelo actual es una alternativa, de baja inversión y es accesible con el ambiente.

Como antecedentes internacionales encontramos:

(Juan, 2015) investigó el “Procedimiento de aguas ácidas con fines de riego” para este tratamiento de aguas ácidas se usó una combinación tanto de métodos activos como pasivos usando materiales locales. Se utilizó el compost como método pasivo, el cual es un substrato adecuado para el procedimiento de aguas ácidas; por debajo de estas se utilizó la calcita, por ser un material alcalino, ya que tiene la facultad de rebajar la ecotoxicidad de metales pesados y de subir el pH del efluente y bajar la densidad de iones sulfato. Por otra parte, aun quedó la salinidad del agua tratada, para ello se utilizó la osmosis inversa que vendría a ser el método activo, a la cual se le implementó el uso de membranas de tipo semipermeables. Como resultado se logró que los parámetros físicos y parámetros químicos de las aguas aplicadas cumplan con los LMP según la Ley.

(Eliseo, y otros, 2017) investigaron “Process for the treatment of water contaminated with heavy metals using compost from fungi used as a biogenerator” en esta investigación llevada a cabo se realizó un experimento de laboratorio sobre la precipitación de metales pesados presentes en aguas ácidas, utilizando compost de champiñón (samped, hongos, sustrato, SMS) El SMS con un pH cercano al neutro, para neutralizar las aguas ácidas.

Son notorios al igual que los contenidos de carbono orgánico y calcio, las características físicas y químicas que poseen son los componentes para los procesos de oxidación y reducción involucran la retención de metales. El alto contenido del carbono de SMS proporciona rápidamente el carbono utilizable como combustible para las reacciones de reducción de sulfato y oxidación de metales. Finalmente, con el objetivo de acomodar los metales, en especial los sulfatos metálicos, ya que la masa atrapa los sulfuro, asegurando así un movimiento limitado. Los resultados obtenidos fue la retención de metales pesados disueltos en un 95% en 5 días. De acuerdo a esto resultado, se determinó la cantidad de residuos que es necesario gestionar en tiempo y forma. La asequibilidad de estos costos determinará si la tecnología se puede utilizar con la tecnología ya existente.

(Helmer, 2018) investigó el “Anaerobic treatment of acidic waters applying travertine and compost” En la investigación, los rellenos cuentan con inactiva dores, como material orgánico llamado compost de estiércol y travertino como neutralizador de ácidos. El travertino (CaCO_3) es un mineral carbonatado abundante en el Perú que consume ácido mediante la formación de bicarbonato (HCO_3) o ácido carbónico (H_2CO_3) y que se puede afirmar que tiende a neutralizar las soluciones que se encuentran a un pH neutro, con suficiente tiempo de exposición a minerales que consumen ácidos, la neutralización ocurre alrededor de un pH de 7. En bajas condiciones de pH neutro, la mayoría de los metales tienen baja solubilidad y precipitan como de hidróxidos u óxidos metálicos. Después de este tratamiento, la concentración de hierro disminuyó a un promedio de 0,63mg/l y la concentración de cobre a 0,28 mg/l. El valor promedio del metal está dentro del rango establecido especificado.

(José, 2013) investigó la “Utilización de estiércol de llama para tratar aguas contaminadas” para el desarrollo de este proyecto se utilizaron dos métodos: pasivo y activo, el primero es el compost o abono orgánico, con estiércol de llama, ovino, y restos de comida, además de grava y piedra caliza y la segunda operación; en la que se utilizan vísceras de oveja, que en el proceso de compostaje sufrió transformación microbiana para eliminar los metales pesados presentes en el agua; fermentó durante unos tres o cuatro meses. Por ello, se tomó el reto de estudiar estrategias para el consumo humano, por lo que decidieron tratar por ósmosis inversa, utilizando vísceras de oveja, resultando como enfoque agresivo, con las tripas de oveja han determinado que el agua es posiblemente segura para beber, aunque se seguirá estudiando a pesar de que las pruebas de laboratorio han encontrado un metal como el cadmio puede limitar de alguna manera su consumo.

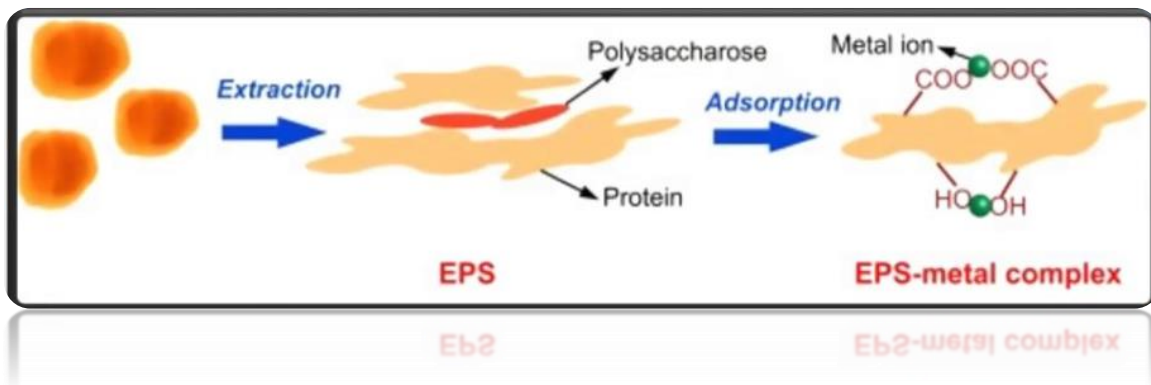
(Masgloiris, 2015) investigó en el estudio el “Efecto del compost y humus de lombriz en la producción sustentable” para desarrollar este proyecto, se realizó un experimento con cada especie mencionada, a concentraciones de diez y veinte ton/ha de cada tipo de abono orgánico en las especies estudiadas. Los resultados mostraron que las plantas respondieron positivamente a los fertilizantes orgánicos y la vermicompostación tuvo un mayor efecto en el rendimiento de los cultivos. Se llegó a demostrar la viabilidad de la producción y uso sostenible de compost vegetal y humus de lombriz.

De acuerdo con (Gandhi, 2018) en su investigación titulada “Tratamientos de suelos a través del compostaje con residuos orgánicos” su principal objetivo de la investigación fue evaluar el compostaje de residuos sólidos municipales, caprinaza y biocarbón para el tratamiento de suelos de almacenamiento minero en viveros, su metodología en este estudio es experimental, basada en análisis de comportamiento de variables, incluye fisicoquímica y microbiológica, el análisis del suelo antes y después de la aplicación del compost y su efecto favorable muestra una fuerte posibilidad de contaminación durante el uso de residuos sólidos. Como expresa (Guerrero, 2017) existe la necesidad de desarrollar estrategias para reducir las consecuencias ambientales porque los recursos de la tierra son muy importantes para el desarrollo y principalmente para las comunidades que pueden verse afectadas.

Como dice (Villanueva, 2019) en su investigación titulada “Application of three treatments in the elaboration of compost using organic solid waste in mining” se aprovecharon los residuos sólidos orgánicos generados en el comedor de la minera Barrick, el estiércol de bovinos y alpacas, además de la aplicación de una dosis efectiva de microorganismos para promover la descomposición, como lo demostraron. El compost es una respuesta adecuada para la minimización y una alternativa ecológica sustentable, ya que su proceso de formulación es consistente con sus propiedades físicas, químicas y microbiológicas, la fertilidad del suelo, además de altos beneficios ecológicos.

Se ha demostrado que un tratamiento compuesto por residuos sólidos, microorganismos efectivos, más estiércol de vaca producen un compost con un contenido de materia orgánica más favorable que los otros dos métodos de tratamiento. Siguiendo la recomendación señalada que es necesario desarrollar un programa y cronograma para la implementación del proyecto, ya que sus objetivos están claramente marcados por las actividades de aireación, control de humedad y mezcla.

Fig. 3 Bio-adsorción de Metales Pesados



Fuente: José A. Sanbria - 2017

El agua residual es clasificada según la OEFA de la siguiente manera:

Tipo de agua residual	Descripción
Aguas residuales industriales	Son los resultados del desarrollo de un proceso productivo, incluidos los provenientes de la minería, la agricultura y otras actividades.
Aguas residuales domesticas	Son de orígenes residenciales y comerciales que incluye desechos fisiológicos, también provenientes de la actividad humana, y deben ser dispuestos adecuadamente
Aguas residuales municipales	Se mezclan con aguas pluviales o residuales industriales previamente tratadas, que se alimentan a un sistema de alcantarillado de tipo combinado.

Fuente: Elaboración propia

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación: Conforme figura en el CONCYTEC (2018), fue de tipo aplicada, por lo mismo de que en su desarrollo no hubo manipulación de variables, cabe agregar que el enfoque en que se fundamentó es el cualitativo, puesto que los resultados se expresaron a través del método de recopilación de datos y análisis.

Diseño de investigación

La investigación fue mediante el diseño narrativo, no experimental y transversal, puesto que las variables de estudio no fueron sometidas a ninguna manipulación, sino que se indagó toda la información referente a dicho estudio.

3.2. Categorías, Subcategorías y matriz de categorización

(Cisterna, 2005) la matriz de categorización apriorística es un modelo desarrollado previo al cotejo de información, en el cual se distinguen categorías, indicando un tema en sí mismo; y las subcategorías, especificando el tema tratado en micro aspectos. Las categorías se basan están basadas en los objetivos del estudio, y están vinculadas a las subcategorías que se muestran en los criterios.

Tabla N°1 Matriz de categorización apriorística

Objetivos Específicos	Problemas Específicos	Categoría	Subcategoría	Criterio 1
<p>Identificar los materiales <u>bio-adsorbentes</u> a utilizar para la remoción de metales pesados en efluentes mineros.</p>	<p>¿Cuáles serían los materiales <u>bio-adsorbentes</u> a utilizar para la remoción de metales pesados en efluentes mineros?</p>	<p>Materiales <u>bio-adsorbentes</u>.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Toxicidad de los metales. ✓ Concentración inicial de metales en efluente. ✓ Volumen de efluente. ✓ Cantidad de residuo orgánico para la remoción de metales. ✓ Técnicas de remoción 	<p>1 Credibilidad de la fuente de información.</p> <p>2 Tipo y Diseño de Investigación</p> <p>De acuerdo a los materiales <u>bio-adsorbentes</u> a utilizar para la remoción de metales pesados en efluentes mineros.</p>

Fuente: Elaboración propia

Objetivos Específicos	Problemas Específicos	Categoría	Subcategoría	Criterio 1
<p>Determinar el porcentaje de eficiencia al utilizar residuos orgánicos <u>bio-adsorbentes</u> como agentes para la remoción de metales pesados en efluentes mineros.</p>	<p>¿Cuál es el porcentaje de eficiencia al utilizar residuos orgánicos <u>bio-adsorbentes</u> como agentes para la remoción de metales pesados en efluentes mineros?</p>	<p>Porcentaje de eficiencia.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Concentración final de metales en efluente. ✓ Estimación de tiempo de remoción. 	<p>Utilización de residuos orgánicos <u>bio-adsorbentes</u> como agentes para la remoción de metales pesados en efluentes mineros.</p>

Objetivos Específicos	Problemas Específicos	Categoría	Subcategoría	Criterio 1
<p>Determinar el tiempo de bio-absorción con residuos orgánicos de metales pesados en los efluentes mineros.</p>	<p>¿Cuál es el tiempo de bio-absorción de metales pesados en efluentes mineros usando los residuos orgánicos?</p>	<p>Tiempo de bio-absorción.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Tiempo de bio-absorción con piedra caliza. ✓ Tiempo de bio-absorción empleando compost. ✓ Tiempo de bio-absorción empleando humus de lombriz. 	<p>Tiempo de bio-absorción de metales pesados a partir de residuos orgánicos.</p>

3.3. Escenario de estudio

Este estudio fue realizado recolectando información, revisando antecedentes acerca de los residuos orgánicos utilizados en estudios donde se evaluó cuales son mejores para la remoción de metales pesados como: plomo, cobre, cadmio, níquel, cromo; con el propósito de reducir su concentración en los efluentes mineros.

3.4. Participantes

En este estudio, los participantes son la data obtenida de diversas fuentes de donde se extrajo la información; cabe hacer mención que esta data se encuentra en fuentes confiables que dan solidez al estudio; como: Scielo, Dialnet, PLOSONE, repositorio UCV-Universidad César Vallejo, Revista Ingeniería y Región 2015.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas e instrumentos para la recolección de datos fueron utilizadas en nuestra investigación, lo que ayudó a que los resultados sean precisos. Por lo que el proceso de investigación se obtuvo información necesaria para analizar los objetivos del estudio mediante la observación, documentales, entre otros.

3.6. Procedimientos

El presente estudio consta de 4 fases.

La primera fase contempla la identificación del problema, la cual es base para la búsqueda de información que está documentada y se encuentra en distintas bases de datos.

En la segunda fase se obtiene información en las bases de datos: Scielo, Dialnet, PLOSONE, repositorio UCV-Universidad César Vallejo, Revista Ingeniería y Región 2015.

En la tercera fase, se realiza la selección de la información de acuerdo a nuestro estudio, dejando solo la información relevante.

En la cuarta fase se decidió cuáles son los mejores residuos para nuestro estudio.

Tabla Nº 2 Criterio de búsqueda

ARTÍCULOS DE REVISTAS CIENTÍFICAS				
Tipo de documento	Fuente	Inclusión	Exclusión	Cantidad
Artículos científicos	Scielo	<ul style="list-style-type: none"> - Revistas que cuenten con DOI o IBN. - Artículos entre los 2015 y 2022. - Investigaciones potencialmente relevantes al tema. 	<ul style="list-style-type: none"> - Que no sea una revista indizada. - Que no tenga información que aporte al tema. - Artículos duplicados. - Que sea mayor a los 7 años de antigüedad. 	38
	Dialnet			6
	Plos One			3
	Repositorio UCV			27

Fuente: Elaboración propia

3.7. Rigor científico

Cuando nos referimos al rigor científico en nuestra investigación, es respetar la autoría cuando tomamos información relevante para nuestro estudio, así mismo el cumplimiento con las normas y reglas que se exige al momento de realizar una investigación, haciendo uso de las normas ISO 690, es por ello que se considera como aspectos importantes: la credibilidad y viabilidad; ya que nos permite evidenciar la realidad del concepto que se pretende dar.

El criterio de confiabilidad se alcanzó cuando los resultados del análisis fueron reconocidos como efectivos por los participantes del estudio (CASTILLO, y otros, 2003) y por quienes habían vivido o estados expuestos al fenómeno investigado.

Por último, se denomina criterio de viabilidad a la investigación que trata de pronosticar el logro o fracaso final del proyecto (RAMÍREZ, 2011) y para obtener esto parte de los datos empíricos, a los que accede mediante los diversos tipos de investigación, como estadísticas, encuestas, etc.

3.8. Método de análisis de la Información

Este proyecto fue realizado aplicando una revisión sistemática, recopilando la información documentada de los residuos bio-absorbentes de metales pesados y posteriormente poder analizar su efectividad de los mismos conforme a las variables de nuestro estudio.

3.9. Aspectos éticos

En esta investigación se aplicó como criterios éticos los siguientes:

- La responsabilidad, en la investigación se dio cumplimiento a las obligaciones y decisiones que se proponen los investigadores para la recolección de información y posterior estudio.
- La puntualidad, para la investigación se hizo una previa coordinación con los integrantes para evitar posibles contratiempos y descoordinaciones que se puedan generar al momento de recopilar informaciones.

También respetar la autoría cuando tomamos información relevante para nuestro estudio, así mismo el cumplimiento con las normas y reglas que se exige al

momento de realizar una investigación, haciendo uso de las normas ISO 690, la guía que se llega a proporcionar a través de la universidad y mediante aplicativos que dan la garantía que nuestra investigación no tenga algún tipo de irregularidad ni plagio.

(Viroato, y otros, 2018) refieren que la ciencia enriquece a la humanidad, permitiendo su crecimiento y desarrollo, ya que a través de sus avances permite consolidar, reforzar, trascender el bienestar y calidad de vida. Este conocimiento debe estar atado a lineamientos o normas éticas que constituyan responsabilidad e integridad; es por ello la practica ética es imperativa, con requisitos metodológicos para realizar una investigación completa.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla N° 3 Mención de los materiales bio-adsorbentes usados para la eliminación de metales pesados en efluentes

Investigador (es)	Material bio-adsorbente	Contaminante	Técnica utilizada
Merly (2020)	Cáscaras de fruta fibras lignocelulósica (Plátano, coco, naranja)	Cu, Fe, Pb	Sistema Discontinuo
Paolo (2015)	Humus Compost	Hg	Pasivos No identificados discontinuo
Eliseo (2017)	Compost de Champiñón (Samped Hongos)	Hg, Cu, Pb, Fe	Precipitación Discontinuo
Edgar (2016)	Compost – Caliza	Cr	sedimentación, filtración, discontinua congelación, condensadores
Juan (2015)	Compost (medio Pasivo) Caliza	Sulfatos	Osmosis inversa
Helmer (2018)	Compost de estiércol y travertino (CaCo3)	Óxidos metálicos Fe, Cu	Anaerobio
José (2017)	Compost estiércol de llama (medio activo) Caliza	Varios	No especificado

Khandanlou (2015)	Compost Pajilla de arroz	Pb	Sistema discontinuo
Castro (2015)	Cáscara de plátano	Pb	Sistema discontinuo

En la tabla 3 se indica los materiales bio-adsorbentes de acuerdo a los metales pesados como cobre, hierro, plomo, mercurio, cromo, sulfatos, óxidos metálicos; 3 estudios de cobre, 3 estudios de hierro, 4 estudios de plomo, 2 estudios de mercurio, 2 estudios fueron de cascara de frutas lignocelulósica (plátano, coco y naranja), y 7 estudios fueron de compost (champiñón, caliza, estiércol, travertino, estiércol de llama).

Al igual que Helmer (2018), Merly (2020) y Eliseo (2017) indican que la técnica de los materiales bio-adsorbente considerando las características (materiales bio-absorbentes, contaminantes y técnicas utilizadas) es la mejor para la eliminación de los metales en lo efluentes mineros. Por otro lado, José (2017), en total desacuerdo con Helmer (2018), Merly (2020) y Eliseo (2017), manifiesta que las técnicas convencionales más eficaces para la remoción de los metales son mediante la filtración de membrana, ya que presenta una alta eficiencia y requiere de muy poco espacio, también es fácil de manejar.

Mientras que, Juan (2015), afirma que mediante el proceso de osmosis inversa otorga un extenso abanico de eficiencia, ya que tiene la capacidad de elegir elementos de tan solo 0.0001 mm.

Tabla N° 4 Porcentajes de eficiencia para la remoción de los metales en efluentes

Referencias	Material bio-adsorbente	Contaminante	Porcentaje
Merly (2020)	Cáscaras de fruta fibras lignocelulósicas (Plátano, coco, naranja)	Cu, Fe, Pb	Coco – Cu 75% Plátano – Fe 50% Naranja -Pb 98%
Paolo (2015)	Humus Compost	Hg	30%
Eliseo (2017)	Compost de Champiñón (Samped Hongos)	Hg, Cu, Pb, Fe	95%
Edgar (2016)	Compost – Caliza	Cr	84%
Juan (2015)	Compost (medio Pasivo) Caliza	Sulfatos	95%
Helmer (2018)	Compost de estiércol y travertino (CaCo3)	Óxidos metálicos Fe, Cu	90%

José (2017)	Compost estiércol de llama (medio activo) Caliza	Varios	90%
Khandanlou (2015)	Compost Pajilla de arroz	Pb	96.25%
Castro (2015)	Cáscara de plátano	Pb	90%

En la tabla 4 se indica el porcentaje para la remoción, en el cual se observa que el contaminante de Pb (Plomo) tiene un porcentaje de 98%, a comparación del contaminante Hg (Mercurio), que tuvo un menor porcentaje de 30% de eficiencia.

Dentro de nuestro estudio se analizaron 16 materiales, de los cuales 9 mostraron efectividad para la remoción de Pb; de los cuales 7 obtuvieron una remoción importante $\geq 90\%$, 4 con una remoción aceptable entre 30-84 % de remoción.

El plomo es un metal que presenta características como: buen transmisor de electricidad y una alta resistencia a la corrosión en aire, agua y suelo, lo que hace que tenga una buena afinidad con residuos vegetales, de ahí que la mayoría de estudios que tiene presentan mejor remoción de este metal gracias al uso de materiales orgánicos y poca acción con el carbón hecho con huesos de vaca. (Prado 2014)

Tabla N° 5 Tiempo de bio-absorción para la remoción de metales en efluentes

Referencias	Material bio-adsorbente	Contaminante	Tiempo	pH
Merly (2020)	Cáscaras de fruta fibras lignocelulósicas (Plátano, coco, naranja)	Cu, Fe, Pb	40 min	6
Paolo (2015)	Humus Compost	Hg	12 h	5
Eliseo (2017)	Compost de Champiñón (Samped Hongos)	Hg, Cu, Pb, Fe	5 d	6
Edgar (2016)	Compost – Caliza	Cr	3 d	6
Juan (2015)	Compost (medio Pasivo) Caliza	Sulfatos	2 d	6
Helmer (2018)	Compost de estiércol y travertino (CaCo3)	Óxidos metálicos Fe, Cu	-	6

José (2017)	Compost estiércol de llama (medio activo) Caliza	Varios	-	6
Khandanlou (2015)	Compost Pajilla de arroz	Pb	59.35 s	6
Castro (2015)	Cáscara de plátano	Pb	48 h	6.9

En la tabla 5 se señala el tiempo de bio-adsorción, en el que se hace referencia que el contaminante Pb con cascara de plátano tuvo un mayor tiempo de 5 días con pH de 6, a diferencia del compost pajilla de arroz con el contaminante Pb que tuvo un menor tiempo de bio-adsorción de 59.35 segundos con un 6 de pH.

Para los efluentes ricos en metales de Hg se observó que autores como Paolo (2015), utilizó compost para remover dicho metal en un tiempo determinado de 12 horas a un pH de 5; sin embargo, Eliseo (2017) utilizando un compost de champiñones, logra un tiempo de 5 días en pH de 6. Lo que demostraría que se requerirá un mayor tiempo de remoción en futuros estudios para lograr una neutralización de pH aceptable, teniendo en cuenta que el % de eficiencia para Paolo (2015) fue de 30%, frente a un 96% de Eliseo (2017); dándonos una relación de a mayor tiempo de remoción, mayor eficiencia de remoción.

Es importante precisar que el tiempo necesario para retener el metal en un efluente es muy importante para poder diseñar las operaciones de los procesos para la bio-adsorción.

Especie	Condiciones: Adsorción convencional Carbón activado					Eficiencia	Ref.
	pH	Concentración Inicial	Tiempo	Temperatura °C	Material		
Cr	7.8	0.12 mg/L	2 min	Ambiente	Hierro a base de carbón de bambú	41.6% >0.05 mg/L	Wang 2016
Pb	4	100 mg/L	6h	Ambiente	Carbón Activado procedente de huesos de vaca	50%	Prado 2018
Cu, Ni, Zn	5.5	10-100 mg/L	5 min-20h	20-40	Carbón activado producido a partir de piedras tunecinas (Calizas)	18.68 mg/g Cu, 16.12 mg/g Ni 12.19 mg/g Zn	<u>Bouhamed</u> 2015

Especie	Condiciones: Adsorción de metales pesados por materiales agrícolas					Eficiencia	Ref.
	pH	Concentración Inicial	Tiempo	Temperatura °C	Material		
Fe, Pb, Cu, Ni	6 a 7	60 mg/L	2 h	Ambiente	Desechos agrícolas como adsorbentes "Cascarilla de Arroz"	99.25; 67.917; 98.177; 96.954	Ahmed 2016

Especie	Condiciones: Experimentales con diversos fitopláctones					Eficiencia	Ref.
	pH	Concentración Inicial	Tiempo	Temperatura °C	Material		
Pb, Cd, Zn	4.84	No se midió	3 h	Ambiente	Biomasa de <u>Eichhornia crassipes</u>	26.32 mg/g; Pb 12.60 mg/g; Cd 12.55 mg/g Zn	<u>Mahamadi &Nharingo</u> 2016
Cd, Pb	5	5.0 g/L	12 h	Ambiente	Jacinto de agua seca-raíces	75% para Cd y más de 90 %Pb	Ibrahim 2017
Cd	8	-	10 días	Ambiente	Fitoplancton marino <u>Chaetoceros calcitrans</u>	1055 mg/g	<u>Sjahrul &Arifin</u> 2016

Muchos investigadores como: Merly (2020), Eliseo (2017), Khandanlou (2015), Castro (2015), usaron este proceso, dando confianza en los resultados obtenidos en la remoción de metales pesados, utilizaron este proceso ya que no generó residuos y no ocasionó fallos o pérdidas de proceso.

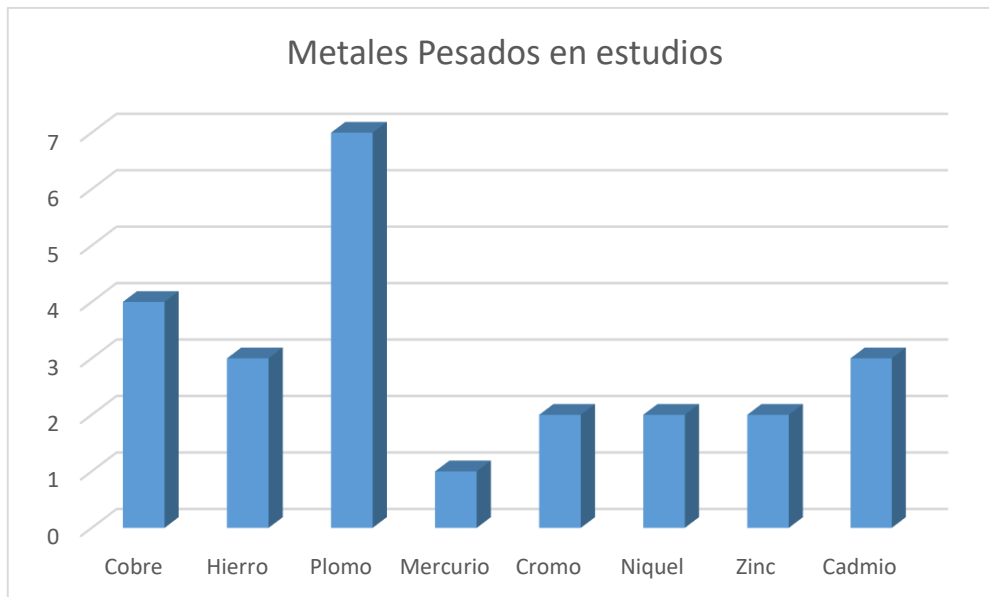
Los metales más comunes dentro de un efluente minero son: Al, Cd, Co, Fe, Pb, Cu, Zn, Ni; que son considerados dentro de los contaminantes inorgánicos, al igual que los metaloides As, Mn, Mo, Sb, Se; punto importante es también contemplar la acidez y el pH generado.

Autor	Material Utilizado	% Remoción
Merly 2020	Cáscaras de fruta "Naranja"	98 %
Eliseo 2017	Compost de champiñón	95%
Khandanlou 2015	Pajilla de arroz	96.25%
Castro 2015	Cáscara de plátano	90%
Prado 2014	Carbón Activado procedente de huesos de vaca	50%
Ahmed 2013	Desechos agrícolas como adsorbentes "Cascarilla de Arroz"	67.9%
Ibrahim 2012	Raíces de jacinto de agua	90%

Dentro de nuestro estudio se analizaron 7 materiales, de los cuales 5 mostraron efectividad para la remoción de Pb; de los cuales 7 obtuvieron una remoción importante $\geq 90\%$, 2 con una remoción aceptable entre 50-67 % de remoción.

Tabla N° 6 Cantidad de metales pesados tratados mediante la técnica de adsorción

Metales Pesados	Cantidad
Cobre	4
Hierro	3
Plomo	7
Mercurio	1
Cromo	2
Níquel	2
Zinc	2
Cadmio	3



En el gráfico anterior se puede observar que, la cantidad de metales encontrados en los estudios, hace referencia que el Plomo tiene una mayor cantidad de muestras un total de 7 muestras de plomo para un universo de 24 metales presentes en los 16 estudios tomados en consideración. Hace de la presencia del plomo un 29%.

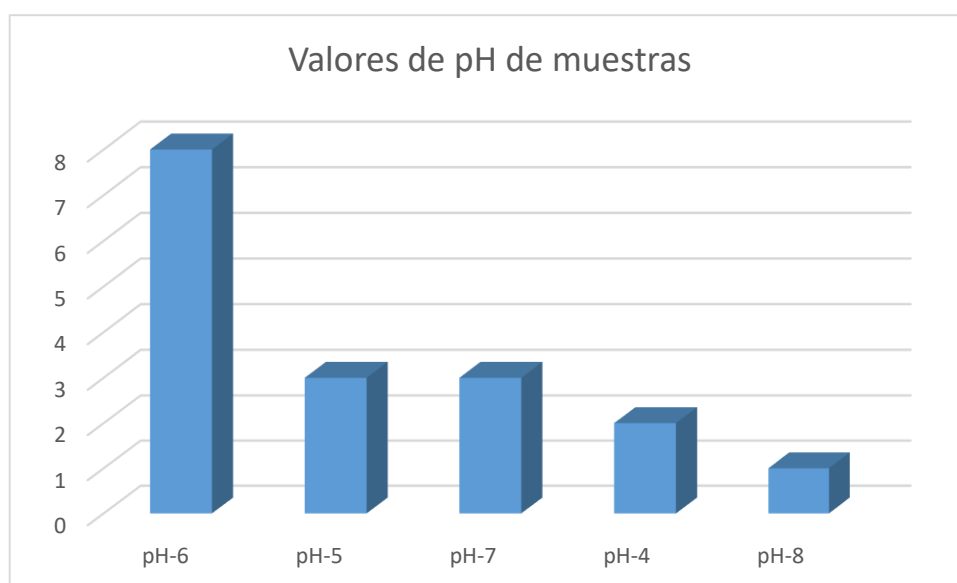
Para la remoción de metales optima se requiere de una técnica de adsorción ideal que se amolde a lo requerido, de este proyecto determinamos que la mejor técnica a emplear es la técnica de adsorción por sistema discontinuo (proceso por lotes y batch).

Se determinó que la técnica más optima en el estudio, es el sistema discontinuo ya mencionado, autores como ((Merly (2020), Paolo (2015), Eliseo (2017), Edgar (2016), Khandanlou (2015), Castro (2015)). Para ellos este proceso da una buena confiabilidad en sus resultados para remover metales pesados con especies bio-adsorbentes, ya que si hubiera algún tipo de contratiempo este sistema no generaría residuos, ni perdidas y fallos.

Tabla N° 7 Artículos de residuos orgánicos de plomo

Autor	Material Utilizado	% Remoción
Merly (2020)	Cáscaras de fruta "Naranja"	98 %
Eliseo (2017)	Compost de champiñón	95%
Khandanlou (2015)	Pajilla de arroz	30%
Castro (2015)	Cáscara de plátano	90%
Prado (2014)	Carbón Activado procedente de huesos de vaca	50%
Ahmed (2013)	Desechos agrícolas como adsorbentes "Cascarilla de Arroz"	67.9%
Ibrahim (2012)	Raíces de jacinto de agua	90%
José (2013)	Compost estiércol llama-caliza	90%
Mahamadi & Nharingo (2010)	Biomasa de Eichhornia crassipes	26.3 %

Otro factor importante para lograr una óptima adsorción, es el pH del efluente, ya que afecta a la carga superficial de bio-adsorbente.



En el tipo de revisión sistemática de materiales bio-adsorbentes de plomo, se pudo evidenciar que el método más utilizado para la adsorción de metales pesados es el sistema discontinuo mediante proceso batch.

V. CONCLUSIONES

Se pudo determinar que los materiales bio-adsorbentes utilizados para la remoción de metales pesados fueron: Tiempo de adsorción, Eficiencia de remoción medida en porcentaje (%), pH del efluente, y en algunos casos la concentración inicial de metales en efluente.

Se pudo evidenciar que la remoción de metales pesados, se pudo encontrar aquellas que pueden brindar un mejor porcentaje de eficiencia, la técnica que pudo mostrar mejor performance fue la de adsorción en sistema discontinuo, el cual muestra porcentajes mayores a 90%, frente a otras técnicas que ofrecen porcentajes menores.

Los tiempos de adsorción con residuos orgánicos fueron determinantes en cada estudio analizado, Uso de piedra caliza en un sistema de adsorción utilizaría un tiempo estimado entre 5 minutos a 20 h para lograr una eficiencia del 90% en efluentes ricos en Pb; el compost demostró tener una eficiencia aceptable con un tiempo de 2h con eficiencia mayores de 90 %; el humus con tiempos entre 6 – 10 horas logra una eficiencia mayor a 80%

De todas las técnicas existentes para adsorción, un porcentaje importante de los autores en estudio, confían en el sistema discontinuo- proceso batch ya que deja mejores resultados, y tiene mejor ventaja y efectividad frente a otras técnicas para eliminar metales pesados.

Si mencionamos que materiales son propuestos para realizar el proyecto, podemos referirnos a que los más afines son los agrícolas, ya que, debido a sus propiedades químicas dentro de su composición vegetal, tiene un alto contenido de celulosa y derivados; posibilitando a captación de iones metálicos.

Los residuos orgánicos como el compost, y humus en su mayoría funcionan como grandes captadores de metales, pero se debe tener presente que para lograr una mejor efectividad se deben revisar parámetros como el tiempo de remoción, pH.

VI. RECOMENDACIONES

- Generar más investigaciones con especies novedosas las cuales permitan una mejor respuesta para adsorción de metales en efluentes, debido a que esta problemática seguirá por un largo tiempo afectando nuestro medio ambiente.
- Realizar estudios donde se vea reflejado el costo beneficio, generando los materiales para la adsorción y aprovechando los mismos, como por ejemplo el cultivo de frutas como la naranja para luego utilizar su cáscara para la remoción de metales pesados como el plomo.
- Ampliar la zona de estudio de estos proyectos para no solo llevarlo hacia la minería, sino más bien masificarlo a otras industrias para generar conciencia ambiental y promover la instigación en las universidades.
- Proponer estudios para la disposición final de los materiales bio-adsorbentes, aprovechando sus propiedades para evitar impactos en el ambiente.

REFERENCIAS

ASQUER, Carla, CAPPAL, Giovanna y GIOANNIS, Giorgia. *Biomass ash reutilisation as an additive in the composting process of organic fraction of municipal solid waste.* 2017. pág. 298. Vol. 69. 225-231. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.08.009>

DÁVILA, Alvaro, y otros. *Revisión de estrategias sostenibles para el aprovechamiento de residuos orgánicos en las organizaciones.* 2020. Vol. 7. 76-94. Disponible en: <https://doi.org/10.23850/24220582.3141>

DROGUI, P, y otros. *Bioleaching kinetic of a pyrite mining residue using organic wastes as culture media for Acidithiobacillus ferrooxidans.* 2019. pág. 11. Vol. 24. 1413-23. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/09593330309385685>

GONDIM, F, y otros. *Avaliação das características germinativas e de crescimento em mamoneira cultivada em diferentes resíduos orgânicos agroindustriais.* [ed.] HOLOS. Academic Search Complete. 2019. pág. 11. Vol. 6. 1807-1600. Disponible en: <https://doi.org/10.15628/holos.2019.7572>

GURAN, S, MERSÝKY, R y BRENNAN, Tonetta M. *New Approaches for Solid Waste Management to Maximize Organic Waste Reutilization.* Singapore : Springer, 2019. 978-981-13-2783-4. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-981-13-2784-1_4

KHANDANLOU Roshanak, MANSOR Ahmad, MASOUMI Hamid, KAMYAR Shameli, MAHIRAN Basri, KATAYOON Kalantari. *Rapid Adsorption of Copper(II) and Lead(II) by Rice Straw/Fe₃O₄ Nanocomposite: Optimization, Equilibrium Isotherms, and Adsorption Kinetics Study.* [En línea]. Alemania: 2015. [Fecha de

consulta: 10 de octubre del 2020]. Disponible en:
<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0120264>

CASTRO Pastor. *Use of ripe banana (musa paradisiaca) peel dehydrated (dry) as a bioadsorption process for metal retention heavy chemicals, lead and chromium in polluted water. Thesis (Master in Impacts environmental).* Ecuador: University of Guayaquil, 2015. Disponible en:
http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/reduq/8641/1/Usodecascara%20de%20Banano_Dr.%20Castro.pdf

HABE, H, y otros. *Design, application, and microbiome of sulfate-reducing bioreactors for treatment of mining-influenced water.* JOGMEC Metal Technology Center. Tokyo : s.n., 2020. Vol. 104. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00253-020-10737-2>

JIMÉNEZ, Rendón y RAMOS, Rafael. *Estudio factibilidad para la creación de una planta de procesamiento de residuos sólidos orgánicos para la producción de Compost (humus).* Cali : San Buenaventura, 2016. Disponible en:
<http://bibliotecadigital.usb.edu.co/handle/10819/1862>

PERERA, S y AADHIL, M. *Rapid conversion of household organic waste and sewage into organic fertilizer to minimize the hassle and cost of organic waste management and sewage treatment in condominiums, high-rise buildings, and greens.* Singapore : ICSEM, 2020. Vol. 94. 978-981-15-7221-0. Disponible en:
https://doi.org/10.1007/978-981-15-7222-7_14

RAGHUNATHAN, K, y otros. *Organic waste amendments for restoration of physicochemical and biological productivity of mine spoil dump for sustainable development.* Ghaziabad : s.n., 2021. Vol. 193. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10661-021-09379-2>

RAHIMI, P y ZAFARI, D. *Evaluation of different Fusarium species–wheat interactions effect on Cd biosorption by wheat seedlings.* Switzerland, Int. J. Environ. Sci. Technol. Springer : Academic Editiom, 2019. pág. 16, International Journal of Environmental Science and Technology volume. 1873-1884. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s13762-017-1621-7>

Wang, X; Wang, Y; Wang, X; Liu, M; Xia, S; Yin, D;Zhao, J; *Microwave-assisted preparation of bamboo charcoal-based iron-containing adsorbents for Cr(VI) removal.* *Chemical Engineering Journal.* 174, 326 - 332. 2019. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/download/articulo/5432290.pdf>

Prado, M; Arruda, S; Ulson, G; Ulson, A; *Study of lead (II) adsorption onto activated carbon originating from cow bone,* *Journal of Cleaner Production.* 65, 342-349. 2018. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/download/articulo/5432290.pdf>

Bouhamed, F; Elouear, Z; Bouzid, J; Ouddane, B. *Multi-component adsorption of copper, nickel and zinc from aqueous solutions onto activated carbon prepared from date stones.* *International conference on Integrated Management of the Environment - ICIME 2017. Environmental Science Pollution Res,* 6 pp. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/download/articulo/5432290.pdf>

Ahmed, H; *Removal of heavy metals from wastewater using agricultural and industrial wastes as adsorbents. HBRC Journal.* 9, 276-282. 2018. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/259164661_Removal_of_heavy_metals_from_wastewater_using_agricultural_and_industrial_wastes_as_adsorbents

Mahamadi, C; Nharingo, T., *Utilization of Eichhornia Crassipes for the Removal of Pb(II), Cd(II), and Zn(II) from Aquatic Environments: An Adsorption Isotherm Study. Environmental Technology.* 31(11), 1221-1228. 2018. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5432290.pdf>

Ibrahim, H; Ammar, N; Soylak, M; Ibrahim, M; *Removal of Cd(II) and Pb(II) from aqueous solution using dry water hyacinth as a biosorbent. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy.* 96 (1), 413-420. 2017. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5432290.pdf>

Sjahrul, M; Arifin, D; *Phytoremediation of Cd²⁺ by Marine Phytoplanktons, Tetraclmismis chuii and Chaetoceros calcitrans. Int. J. Chemistry.* 4 (1), 69-74. 2016. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5432290.pdf>

SJOBLOM, A, HAKANSSON, K y ALLARD, B. *Especiación de metales en agua de río en una región minera: la influencia de los humedales, el encañado, los afluentes y las aguas subterráneas.* [ed.] WAPLA. 2016. págs. 173-194. Vol. 152. 1533-1551. Disponible en: <https://doi.org/10.1023/B:WATE.0000015355.50606.a5>

SU , XU, LIN, Li y JUN, Zhan. *Variation and factors on heavy metal speciation during co-composting of rural sewage sludge and typical rural organic solid waste.* Beijing : Elsevier, 2022. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2021.114418>

UNUOFIN, Frank y OSHIONAME. *Enhancing organic waste decomposition with addition of phosphorus and calcium through different sources.* 2018. pág. 12. Vol. 8. 139-150. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s40093-018-0239-1>

WANI, Ka, MAMTA y RAO. *Bioconversion of garden waste, kitchen waste and cow dung into value-added products using earthworm.* s.l. : Elsevier B.V., 2018. 149-154. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2013.01.001>

XIONG, R, y otros. *Remediación de metales pesados en lodos compost.* Hybrid Gold. Wuhan : Gestión Ambiental, 2020. págs. 469-486. Vol. 10. Disponible en: <https://doi.org/10.32604/jrm.2022.017226>

BASHEER, S, HAWAMDE, F y SAYARA, T. *Recycling of organic wastes through composting: Process performance and compost application in agriculture.* s.l. : Department of Plant Production and Protection, College of Agriculture, 2020. págs. 456-479. Vol. 10. 20734395. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/agronomy10111838>

DANG, Q, y otros. *Coordination of bacterial biomarkers with the dominant microbes enhances triclosan biodegradation in soil amended with food waste compost and cow dung compost.* [ed.] Steva. Beijing : Elsevier B.V., 2022. pág. 88. Vol. 67. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153837>

DING, Y, y otros. *Humic acid characterization and heavy metal behaviour during vermicomposting of pig manure amended with ¹³C-labelled rice straw.* s.l. : Key Laboratory of Hangzhou City for Ecosystem, 2021. 0734242X. Disponible en: <https://doi.org/10.1177/0734242X211035943>

GUO, H, LIU, H y WU, S. *Immobilization pathways of heavy metals in composting: Interactions of microbial community and functional gene under varying C/N ratios and bulking agents.* Denmark : Elsevier B.V, 2022. Vol. 426. 128103. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.128103>

HADDAD, S, MOWRER, J y THAPA, B. *Biochar and compost from cotton residues inconsistently affect water use efficiency, nodulation, and growth of legumes under arid conditions.* s.l. : Elsevier, 2022. pág. 56. Vol. 307. 114558. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.114558>

HOU, J, LIU, D y XI, B. *Effects of anti-acidification microbial agents (AAMA) on reducing acidification and promoting humification during kitchen waste composting.* Shanghai : School of Environmental and Chemical Engineering, 2016. págs. 1887-1894. Vol. 29. 10016929. Disponible en: <https://doi.org/10.13198/j.issn.1001-6929.2016.12.18>

LEMÉE, L, HAFIDI, M y MEDDICH, A. *Assessment of Compost-Derived Humic Acids Structure from Ligno-Cellulose Waste by TMAH-Thermochemolysis.* Marrakesh, Morocco : Laboratory of Ecology and Environment, 2019. págs. 2661-2672. Vol. 10. 18772641. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s12649-018-0268-z>

LLERENA, R, REYES, P y ÁLVAREZ, S. *Efecto de sustancias azucaradas en la descomposición de sustratos orgánicos para la elaboración de compost.* [ed.] Universidad Técnica Estatal de Quevedo. 2021. pág. 97. Vol. 39. 01875779. Disponible en: <https://doi.org/10.28940/TERRA.V39I0.916>

LOIOLA, A, y otros. *Nutrient and Heavy Metals Release from Mixtures of Organic Residues and Food Wastes in Composting.* Rio Grande do Norte, Brazil : Program

in Soil and Water Management, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 2020. Vol. 231. 00496979. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11270-020-04667-y>

LYRA, M, SAYRE, J y HODSON, A. *Influence of recycled waste compost on soil food webs, nutrient cycling and tree growth in a young almond orchard.* s.l. : Gold Open Access, 2021. pág. 48. Vol. 11. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/agronomy11091745>

MONKADE, M, BENZIBIRIA, N y MGHAIUINI, R. *Formulation of New Biostimulant of Plant and Soil Correction Based on Humic Acids Extracted by Magnetized Water from Compost from the Waste of Coffee Marc and Cattle Manure.* 1. Chouaïb Doukkali : s.n., 2022. págs. 453-465. Vol. 113. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s12649-021-01535-6>

SUN, Y, y otros. *Effects of microplastics on humification and fungal community during cow manure composting.* Shaanxi : s.n., 2022. pág. 89. Vol. 803. 150029. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150029>

TEJADA, M y BENÍTEZ, C. *Effects of different organic wastes on soil biochemical properties and yield in an olive grove.* Sevilla : Spain, 2020. pág. 564. 09291393. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.103371>

VARGA, L, y otros. *Co-composting with herbal wastes: Potential effects of essential oil residues on microbial pathogens during composting.* Mosonmagyaróvár : Department of Food Science, Faculty of Agricultural and Food Sciences, 2021. págs. 547-511. Vol. 51. 10643389. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/10643389.2020.1732780>

YONG, Z, JIN, C y FENG, Z. *A review on enzymatic degradation and its regulation mechanisms for organic wastes.* Xi'an : College of Grassland Science, Gansu Agricultural University, 2020. págs. 842-853. Vol. 36. 16734831. Disponible en: <https://doi.org/10.19741/j.issn.1673-4831.2019.0420>

CAI, G, y otros. *Compost-derived indole-3-acetic-acid-producing bacteria and their effects on enhancing the secondary fermentation of a swine manure-corn stalk composting.* Beijing : Key Laboratory of Energy Resource Utilization from Agriculture Residue, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, China, 2022. págs. 436-458. Vol. 291. 00456535. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.132750>

FARKAS, C, y otros. *Comparing the agrochemical properties of compost and vermicomposts produced from municipal sewage sludge digestate.* Hungary : Institute for Soil Sciences and Agricultural Chemistry, Centre for Agricultural Research, Hungarian Academy of Sciences, 1022 Budapest, 2019. págs. 1-50. Vol. 291. 09608524. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.121861>

HAYNES, R.J y Zhou, Y-F. *Sorption of heavy metals by inorganic and organic components of solid wastes: Significance to use of wastes as low-cost adsorbents and immobilizing agents.* St Lucia : School of Land, Crop and Food Sciences, CRC CARE, 2016. págs. 909-977. Vol. 40. 15476537. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/10643380802586857>

LEINWEBER, P, STRAUCH, S y PRUTER, J. *Organic matter composition and phosphorus speciation of solid waste from an African catfish recirculating aquaculture system.* Nakhon Ratchasima : Soil Science, Faculty of Agricultural and Environmental Science, University of Rostock, Rostock, 2022. págs. 1-14. Vol. 10. 20770472. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/agriculture10100466>

LIU, H-t, WU, S y GUO, H. *Immobilization pathways of heavy metals in composting: Interactions of microbial community and functional gene under varying C/N ratios and bulking agents.* Beijing : College of Resources and Environment, University of Chinese Academy of Sciences, 2022. Vol. 426. 03043894. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.128103>

MILLS, G y XU, X. *Do constructed wetlands remove metals or increase metal bioavailability?* Aiken : Savannah River Ecology Laboratory, 2018. págs. 245-255. Vol. 2018. 03014797. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.04.014>

OWENS, G, KIM, K.R y KIM, H-S. *Heavy metal accumulation and mobility in a soil profile depend on the organic waste type applied.* Wanju : Department of Agronomy and Medicinal Plant Resources, Gyeongnam National University of Science and Technology, 2019. págs. 822-829. Vol. 19. 14390108. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11368-018-2065-5>

SEOANE, Labandeira S y SCHWARZ, Estévez. *Production and Characterization of Compost Made from Garden and Other Waste.* Lugo : Departament Soil Science and Agricultural Chemistry, 2017. págs. 855-864. Vol. 21. 12301485. Disponible en:

SOUSA, Antunes, SPOLADOR, L y DOS SANTOS, Teles. *Millicomposting: Sustainable technique for obtaining organic compost for the cultivation of broccoli seedlings.* Sao Paulo : Elsevier Ltd, 2022. págs. 167-188. Vol. 7. 26667908. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.clet.2022.100442>

STEWART, Wade S.M. *Efficacy of organic amendments used in containerized plant production: Part 2 – Non-compost-based amendments.* Richmond : Faculty of Science, University of Melbourne, Burnley Campus, 2020. págs. 568-589. Vol. 260. 03044238. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108855>

BENÍTEZ, Concepción y TEJADA, Manuel. *Flazasulfuron behavior in a soil amended with different organic wastes.* Sevilla : s.n., 2017. págs. 81-87. Vols. 117-118. 41013. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.05.009>

CRISTIANO, y otros. *Tratamiento de Residuos Orgánicos y Generación de Bioenergía para Disminuir Impacto Ambiental.* Argentina : Académica Premier, 2019. págs. 3-27. Vol. 21. 2007-1205. Disponible en: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=139995738&lang=es&site=ehost-live>

HAQ, Izharul, KALAMDHAD, Ajay y POTTIPATI, Suryateja. *Composting and vermicomposting: Process optimization for the management of organic waste.* Guwahati : Elsevier Inc, 2022. págs. 33-43. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85792-5.00015-0>

IYEKAR, Clancy, SANG, Yong y GALSIM, Ferdinad. *Comparative effects of composted organic waste and inorganic fertilizer on nitrate leachate from the farm soils of northern Guam.* Mangilao : Elsevier B.V. on behalf of KeAi Communications Co. Ltd, 2021. págs. 87-102. Vol. 9. 96913. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2020.09.003>

JIMÉNEZ, Terry, y otros. *Uso de humus de lombriz en la formulación de sustratos para la aclimatización de cultivos tropicales.* Villa Clara : EBSCOhost, 2016. págs. 37-44. Vol. 39. 0253-5785. Disponible en: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=87050831&lang=es&site=ehost-live>

KHWAIRAKPAM, Meena y HEENA, Kauser. *Organic waste management by two-stage composting process to decrease the time required for vermicomposting.* Assam : Elsevier B.V, 2022. págs. 37-59. Vol. 25. 102193. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.102193>

KWON, Oseok, HAN, Jeehoon y KIM, Juyeon. *Organic waste derived biodiesel supply chain network: Deterministic multi-period planning model.* Seoul : s.n., 2022. págs. 1-46. Vol. 305. 117847. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.117847>

LEINWEBER, Peter, POTTHOFF, Kerstin y STASCH, Caroli. *Humus-rich topsoils in SW Norway – Molecular and isotopic signatures of soil organic matter as indicators for anthropo-pedogenesis.* Bergen : s.n., 2019. págs. 831-845. Vol. 172. 72070. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.09.005>

OSSA, C, CORREA, Andrés y PORRAS, Múnera. *The biodigester bale as an organic waste treatment strategy: a bibliographic review.* Antioquia : EBSCOhost, 2020. págs. 71-91. Vol. 15. 1909-0455. Disponible en: <https://doi.org/10.22507/pml.v15n2a4>

SHRADDHA, Chavan, BHOOMIKA, Yadav y ATMAKURI, Anusha. *Bioconversion of organic wastes into value-added products: A review.* Québec QC : ELSEVIER, 2022. Vol. 344. 126398. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.126398>

ZAINUL, Syazni, y otros. *Effect of hydrothermal treatment on organic matter degradation, phytotoxicity, and microbial communities in model food waste composting.* Tokushima : The Society for Biotechnology, 2022. págs. 30-58. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2022.01.004>

ANEXOS

Anexo: Matriz de categorización

Objetivos Específicos	Problemas Específicos	Categoría	Subcategoría	Criterio 1
Identificar los materiales bio-adsorbentes a utilizar para la remoción de metales pesados en efluentes mineros.	¿Cuáles serían los materiales bio-adsorbentes a utilizar para la remoción de metales pesados en efluentes mineros?	Materiales bio-adsorbentes.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Toxicidad de los metales. ✓ Concentración inicial de metales en efluente. ✓ Volumen de efluente. ✓ Cantidad de residuo orgánico para la remoción de metales. ✓ Técnicas de remoción 	<p>1 Credibilidad de la fuente de información.</p> <p>2 Tipo y Diseño de Investigación</p> <p>De acuerdo a los materiales bio-adsorbentes a utilizar para la remoción de metales pesados en efluentes mineros.</p>

Objetivos Específicos	Problemas Específicos	Categoría	Subcategoría	Criterio 1
Determinar el porcentaje de eficiencia al utilizar residuos orgánicos bio-adsorbentes como agentes para la remoción de metales pesados en efluentes mineros.	¿Cuál es el porcentaje de eficiencia al utilizar residuos orgánicos bio-adsorbentes como agentes para la remoción de metales pesados en efluentes mineros?	Porcentaje de eficiencia.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Concentración final de metales en efluente. ✓ Estimación de tiempo de remoción. 	Utilización de residuos orgánicos bio-adsorbentes como agentes para la remoción de metales pesados en efluentes mineros.

Objetivos Específicos	Problemas Específicos	Categoría	Subcategoría	Criterio 1
Determinar el tiempo de bio-absorción con residuos orgánicos de metales pesados en los efluentes mineros.	¿Cuál es el tiempo de bio-absorción de metales pesados en efluentes mineros usando los residuos orgánicos?	Tiempo de bio-absorción.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Tiempo de bio-absorción con piedra caliza. ✓ Tiempo de bio-absorción empleando compost. ✓ Tiempo de bio-absorción empleando humus de lombriz. 	Tiempo de bio-absorción de metales pesados a partir de residuos orgánicos.

Anexo: Criterio de búsqueda

ARTÍCULOS DE REVISTAS CIENTÍFICAS				
Tipo de documento	Fuente	Inclusión	Exclusión	Cantidad
Artículos científicos	Scielo	<ul style="list-style-type: none"> - Revistas que cuenten con DOI o IBN. - Artículos entre los 2015 y 2022. - Investigaciones potencialmente relevantes al tema. 	<ul style="list-style-type: none"> - Que no sea una revista indizada. - Que no tenga información que aporte al tema. - Artículos duplicados. - Que sea mayor a los 7 años de antigüedad. 	38
	Dialnet			6
	Plos One			3
	Repositorio UCV			27