

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA AMBIENTAL



TESIS

“Efecto del biocarbón biocar de carbotecnia como lecho filtrante en la remoción de plomo y zinc de aguas contaminadas a nivel de laboratorio”

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA
AMBIENTAL**

AUTORA: Figueredo Vega, Jerine Bertha

ASESOR: Gamez Penadillo, Joel

HUÁNUCO – PERÚ

2025

U

D

H



UDH
UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
<http://www.udh.edu.pe>

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis (X)
- Trabajo de Suficiencia Profesional()
- Trabajo de Investigación ()
- Trabajo Académico ()

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Contaminación Ambiental

AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería Ambiental

Disciplina: Ingeniería ambiental y geológica

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título

Profesional de Ingeniero(a) ambiental

Código del Programa: P09

Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 76216806

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 23018222

Grado/Título: Maestro en Ciencias Económicas, mención: proyectos de inversión

Código ORCID: 0000-0003-4228-565X

DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Calixto Vargas, Simeón Edmundo	Maestro en administración de la educación	22471306	0000-0002-5114-4114
2	Bonifacio Munguia, Jonathan Oscar	Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental	46378040	0000-0002-3013-8532
3	Tarazona Mirabal, Herman Atilio	Magister en salud pública y gestión sanitaria gestión y planeamiento educativo	22411008	0000-0001-5319-4708



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO(A) AMBIENTAL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 17:00 horas del día 04 del mes de julio del año 2025, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron el sustentante y el **Jurado Calificador** integrado por los docentes:

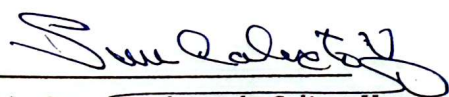
- Mg. Simeon Edmundo Calixto Vargas (Presidente)
- Mg. Jonathan Oscar Bonifacio Munguia (Secretario)
- Mg. Herman Atilio Tarazona Mirabal (Vocal)

Nombrados mediante la **Resolución N° 1207-2025-D-FI-UDH**, para evaluar la Tesis intitulada: **"EFECTO DEL BIOCARBÓN "BIOCAR" DE CARBOTECNIA COMO LECHO FILTRANTE EN LA REMOCIÓN DE PLOMO Y ZINC DE AGUAS CONTAMINADAS A NIVEL DE LABORATORIO"**, presentado por el (la) Bach. **FIGUEREDO VEGA, JERINE BERTHA**; para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Ambiental.

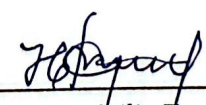
Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) aprobada Por unanimidad con el calificativo cuantitativo de 13 y cualitativo de suficiente (Art. 47)

Siendo las 18:00 horas del día 04 del mes de Julio del año 2025, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.


Mg. Simeon Edmundo Calixto Vargas
DNI: 22471306
ORCID: 0000-0002-5114-4114
Presidente


Mg. Jonathan Oscar Bonifacio Munguia
DNI: 46378040
ORCID: 0000-0002-3013-8532
Secretario


Mg. Herman Atilio Tarazona Mirabal
DNI: 22411008
ORCID: 0000-0001-5319-4708
Vocal



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: JERINE BERTHA FIGUEREDO VEGA, de la investigación titulada "EFECTO DEL BIOCARBÓN "BIOCAR" DE CARBOTECNIA COMO LECHO FILTRANTE EN LA REMOCIÓN DE PLOMO Y ZINC DE AGUAS CONTAMINADAS A NIVEL DE LABORATORIO", con asesor(a) JOEL GAMEZ PENADILLO, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 2574-2023-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA AMBIENTAL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 24 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 24 de abril de 2025



RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA
D.N.I.: 71345687
cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

148. Figueredo Vega, Jerine Bertha.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

24%

INDICE DE SIMILITUD

24%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

11%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

3%

2

www.researchgate.net

Fuente de Internet

2%

3

repositorio.udh.edu.pe

Fuente de Internet

2%

4

idoc.pub

Fuente de Internet

2%

5

docplayer.es

Fuente de Internet

1%

6

erp.untumbes.edu.pe

Fuente de Internet

1%



RICHARD J. SOLIS TOLEDO

D.N.I.: 47074047

cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA

D.N.I.: 71345687

cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

DEDICATORIA

A mis padres por ser quienes con sus manos trabajadoras y corazones generosos sembraron en mí la semilla de la perseverancia. Cada amanecer que los vi partir al trabajo, cada consejo compartido en la mesa, y cada abrazo en los momentos complicados, han sido los cimientos de este logro. Este trabajo es el fruto de su amor traducido en años de esfuerzo y sacrificio.

AGRADECIMIENTO

A mi asesor, quien más allá de su rol académico, supo ser un mentor que me desafió a explorar nuevos horizontes en la investigación. Sus observaciones enfocadas en la perfección y su paciencia para guiarme fueron decisivas en los momentos de incertidumbre.

A la Universidad Nacional de Huánuco, mi casa de estudios durante estos años de formación. En sus aulas no solo encontré conocimiento y sabios, sino también amistades invaluable y experiencias que encaminaron mi carrera profesional.

A Dios, quien, en el silencio de mi fe, me dio fuerzas para perseverar y la humildad para aprender de cada tropiezo en mi camino académico.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE.....	IV
INDICE DE TABLAS	VII
INDICE DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN.....	IX
ABSTRACT.....	X
INTRODUCCIÓN.....	XI
CAPÍTULO I.....	12
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	12
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	12
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	14
1.2.1 PROBLEMA GENERAL.....	14
1.2.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	14
1.3. OBJETIVO GENERAL.....	14
1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	15
1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	16
1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
CAPÍTULO II.....	17
MARCO TEÓRICO	17
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	17
2.2.1. NIVEL INTERNACIONAL.....	17
2.2.2. NIVEL NACIONAL.....	19
2.2.3. NIVEL LOCAL.....	21
2.2. BASES TEÓRICAS	22

2.2.1. EFECTO DEL BIOCAR.....	22
2.2.2. MATERIAS PRIMAS.....	24
2.2.3. PROCESOS PARA OBTENER BIOCAR.....	27
2.2.4. CONCENTRACIONES DE METALES EN EL AGUA FILTRADA CON BIOCAR.....	32
2.2.5. TIPOS DE BACTERIAS SEGÚN SU ACCIÓN BACTERIOLÓGICA.....	42
2.2.6. NORMATIVIDAD Y LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LA DESCARGA DE EFLUENTES LÍQUIDOS DE ACTIVIDADES MINERO – METALÚRGICAS.....	42
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	44
2.4. HIPÓTESIS	48
2.5. VARIABLES.....	49
2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE.....	49
2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE.....	49
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	50
CAPÍTULO III.....	51
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	51
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	51
3.1.1. ENFOQUE.....	51
3.1.2. ALCANCE O NIVEL.....	51
3.1.3. DISEÑO.....	51
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	52
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	53
3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE LA INFORMACION	56
CAPÍTULO IV	58

RESULTADOS	58
4.1.PROCESAMIENTO DE DATOS	58
4.2.CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	61
CAPÍTULO V	65
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	65
CONCLUSIONES	67
RECOMENDACIONES.....	69
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70
ANEXOS.....	76

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Composición del biochar	26
Tabla 2 Parámetros según GMTD	41
Tabla 3 Rangos de valoración y el valor promedio de concentración	42
Tabla 4 Límites máximos permisibles (LMP) para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero–metalúrgicos	43
Tabla 5 Localización	52
Tabla 6 Técnicas e instrumentos	53
Tabla 7 Tratamientos con biocarbón.....	55
Tabla 8 Técnicas de procesamiento de datos	56
Tabla 9 Niveles de plomo	58
Tabla 10 Niveles de Zinc	60
Tabla 11 Valores de temperatura y conductividad de las muestras.....	61

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Biochar	23
Figura 2 Horno para la pirolisis rápida	28
Figura 3 Esquema ilustrado con las fases del proceso de elaboración y aplicación del biochar (Fase 1)	31
Figura 4 Esquema ilustrado con las fases del proceso de elaboración y aplicación del biochar (Fase 2)	31
Figura 5 Representación gráfica de los niveles de plomo en las muestras .	59
Figura 6 Representación gráfica de los niveles de zinc en las muestras.....	60

RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado “Efecto del biocarbón biocar de carbotecnia como lecho filtrante en la remoción de plomo y zinc de aguas contaminadas a nivel de laboratorio”, tuvo como objetivo determinar el efecto del biocarbón BIOCAR de carbotecnia como lecho filtrante en la remoción de Plomo y Zinc de aguas contaminadas a nivel de laboratorio. La metodología usada es del nivel aplicada, con un diseño experimental de enfoque Cuantitativo, se realizó 6 tratamientos diferentes a las muestras de aguas residuales. Se diseñó un lecho filtrante básico, la altura del lecho fue de: 15 cm x 15 cm x 50 cm de alto, estuvo compuesta por 5 cm de piedra gruesa, 5 cm de arena fina y aproximadamente 10 cm de biocarbón, lo que equivale a 1 kg de biocarbón, en la parte superior ingreso el agua cruda y en la parte baja una capa para que pase el agua ya tratada con un caño de salida, para tomar las muestras en los tiempos establecidos. Los resultados demostraron que el efecto del biocarbón BIOCAR de carbotecnia como lecho filtrante en la remoción de Plomo y Zinc fue eficiente, con respecto al plomo la reducción de la concentración fue a niveles indetectables en las 6 muestras (<0.01 mg/L), con respecto al zinc la remoción también fue significativa, aunque no tan completa como la del plomo, los valores de la primera, segunda, tercera, cuarta, quinta y sexta muestra fueron 0.04 mg/L, 0.09 mg/L, 0.27 mg/L, 0.55 mg/L, 0.81 mg/L, y 1.13 mg/L respectivamente siendo la concentración más baja en la muestra 1 con 0.04 mg/L. Los parámetros fisicoquímicos iniciales del agua contaminada, evaluados fueron los parámetros de temperatura con un valor de 23.3°C y la conductividad con un valor de $579\ \mu\text{S}$. Se llegó a la conclusión que el biocarbón BIOCAR es efectivo en la remoción de plomo y zinc de las aguas contaminadas a nivel de laboratorio.

Palabras claves: BIOCAR, biocarbón, plomo, zinc, filtro de lecho filtrante, aguas residuales.

ABSTRACT

The present research work entitled Effect of biochar BIOCAR from carbotechnic as a filter bed in the removal of lead and zinc from contaminated water at laboratory level had the objective of determining the effect of biochar BIOCAR from carbotechnic as a filter bed in the removal of Lead and Zinc from contaminated waters at laboratory level. The methodology used is of an applied level, with an experimental design of a Quantitative approach, 6 different treatments were carried out on the wastewater samples. A basic filter bed was designed, the height of the bed was: 15 cm x 15 cm x 50 cm high, it was composed of 5 cm of coarse stone, 5 cm of fine sand and approximately 10 cm of biochar, which is equivalent to 1 kg of biochar, in the upper part I enter the raw water and in the lower part a layer for the already treated water to pass through with an outlet pipe, to take the samples at the established times. The results demonstrated that the effect of the carbotechnic biochar BIOCAR as a filter bed in the removal of Lead and Zinc was efficient, with respect to lead the concentration reduction was to undetectable levels in the 6 samples (<0.01 mg/L) , with respect to zinc, the removal was also significant, although not as complete as that of lead, the values of the 1st, 2nd, 3rd, 4th, 5th and 6th sample were 0.04 mg/L, 0.09 mg/L, 0.27 mg/L, L, 0.55 mg/L, 0.81 mg/L, and 1.13 mg/L respectively, the lowest concentration in sample 1 being 0.04 mg/L. The initial physical-chemical parameters of the contaminated water evaluated were the temperature parameters with a value of 23.3°C and the conductivity with a value of $579\text{ }\mu\text{S}$. It was concluded that BIOCAR biochar is effective in removing lead and zinc from contaminated water at laboratory level.

Keywords: BIOCAR, biocarbón, lead, zinc, filter bed filter, sewage.

INTRODUCCIÓN

La contaminación del agua es uno de los problemas ambientales más graves que enfrenta el mundo actual. Este recurso natural esencial no solo es vital para la vida humana y de otros seres vivos, sino que también es crucial para el mantenimiento de los ecosistemas y la regulación del clima. A pesar de su importancia, la contaminación del agua ha aumentado de manera alarmante, en gran parte debido a las actividades humanas, incluyendo la industria y la minería, que liberan sustancias tóxicas como metales pesados al medio ambiente.

En el contexto peruano, la contaminación minera es un problema particularmente serio. La liberación de metales pesados como el plomo y el zinc en cuerpos de agua ha generado preocupaciones significativas sobre la salud pública y el medio ambiente. Ejemplos de esto incluyen los informes del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) que han revelado altos niveles de contaminación en ríos importantes debido a proyectos mineros. Estas sustancias tóxicas no solo afectan la calidad del agua, sino que también tienen impactos devastadores en la vida acuática y, en última instancia, en las comunidades humanas que dependen de estos recursos.

El presente estudio se centra en evaluar el efecto del biocarbón BIOCAR de carbotecnia como lecho filtrante en la remoción de plomo y zinc de aguas contaminadas a nivel de laboratorio. El biocarbón, producido a partir de residuos de madera, se presenta como una solución sostenible y económicamente viable para la adsorción de metales pesados. Este método no solo aprovecha residuos que de otro modo serían desperdiciados, sino que también puede contribuir significativamente a la mejora de la calidad del agua en áreas afectadas por la actividad minera.

El objetivo general de esta investigación es determinar la efectividad del biocarbón BIOCAR en la remoción de plomo y zinc de aguas contaminadas. Para alcanzar este objetivo, se diseñarán filtros de laboratorio con el lecho filtrante de biocarbón, y se evaluarán las características físico-químicas iniciales del agua contaminada, así como la capacidad de adsorción del biocarbón para retener estos metales pesados.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El agua constituye uno de los recursos más valiosos para la humanidad. Este elemento natural es indispensable tanto para las personas como para otros seres vivos. Además, desempeña un papel clave en el equilibrio de los ecosistemas y en la estabilidad del clima. Por ello, y por muchas otras razones, es fundamental garantizar su uso responsable y sostenible.

La composición del planeta tierra en su mayoría es agua, por ello es denominado el planeta azul, el agua de la Tierra se distribuye en porcentajes: el 96,5% corresponde a los océanos, mientras que el 2,5% es agua dulce, localizada principalmente en los glaciares y las capas de hielo. La cantidad de agua en el planeta permanece constante, ya que esta no se pierde, sino que circula continuamente a través de las distintas membranas hidrológicas. Este movimiento ocurre entre los océanos, la atmósfera, la superficie terrestre, la biosfera, el suelo, los sistemas de aguas subterráneas y la estructura sólida de la Tierra. Este flujo se debe al ciclo del agua, que incluye procesos como la evaporación, la condensación, la precipitación y la escorrentía.

Por lo tanto, hablar de un recurso natural para el desarrollo sostenible requiere de un estudio adecuado, el agua es imprescindible para el desarrollo del hombre como para el equilibrio del ecosistema. Sin embargo, la contaminación de este recurso ha sido inevitable.

La contaminación del agua se da también de manera natural, pero la contaminación más importante y dañina es la provocada por el hombre por varias razones, incluida la liberación regular u ocasional de sustancias tóxicas en el agua, como los efluentes industriales. De esta manera, el agua se contamina de forma acumulativa. Insecticidas, fertilizantes químicos, hidrocarburos, aguas residuales, detergentes, plásticos y otros residuos sólidos acaban en ríos y mares donde, además de los efectos ambientales,

también entran en la cadena alimentaria tras ser consumidos por pequeños organismos marinos.

La actividad económica que más contamina con sus efluentes es la minería, la industria y la minería son las responsables de liberar al medio ambiente plomo, mercurio, cadmio, arsénico y cromo, los cuales son nocivos tanto para la salud humana como para los demás seres vivos. Los metales pesados tienen un impacto considerable en los ecosistemas de agua dulce, aunque generalmente se encuentran en concentraciones muy bajas, medidas en partes por millón (ppm) o partes por billón (ppb). Esto hace que su detección sea complicada y costosa.

En el Perú la contaminación minera es una realidad que los habitantes de la comunidad campesina de Santiago de Pachas han constatado. Informes del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), elaborados en 2016 y 2017, indicaron que el proyecto Florencia Tucari, ubicado en las alturas de Moquegua, es responsable de la contaminación en la cuenca del río Coralaque y del río Tambo. Los análisis realizados mostraron niveles alarmantes de metales pesados como arsénico, cobre, hierro y zinc, que han acidificado las aguas. Según los residentes, esta situación ha provocado la muerte de truchas, ranas y sapos. Además, los estudios identificaron 13 fuentes contaminantes asociadas a este proyecto en la cuenca del río Coralaque, las cuales han afectado también al río Margaritani, la quebrada Apostolini, el río Queullijahuire y el río Titire, que desembocan en los ríos Coralaque y Tambo. (Orihuela, 2021).

En el territorio peruano uno de los casos más conocidos es en Pasco, la minería es la actividad económica principal, en esta zona los pobladores desde que nacen empiezan a acumular metales en su organismo, ya sea al respirarlo o mediante el consumo del agua.

En Huánuco, Defensoría del Pueblo en el 2022 pidió acciones inmediatas tras derrame de relaves mineros en localidad de Huánuco, de acuerdo a información recogida por la oficina de la Defensoría del Pueblo en Huánuco, los relaves mineros habrían alcanzado el curso del río Huallaga, la situación actual podría tener consecuencias ambientales serias en numerosas

ciudades, poniendo en riesgo la salud de sus habitantes. La respuesta insuficiente de las autoridades ante esta emergencia también habría perjudicado actividades económicas clave como la acuicultura y la agricultura, resultando en la muerte de truchas y daños en amplias áreas de cultivo. Además, la contaminación del suelo y las fuentes de agua potable representa un serio peligro de exposición a metales pesados para la población. (Defensoría del pueblo, 2022).

Por ello surge la necesidad de investigar, que, debido a una gran problemática en la ciudad de Huánuco del impacto negativo de la actividad minera. El uso del BIOCAR es un método sostenible y cómoda para poder mejorar la calidad del agua ya contaminada.

1.2.FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es el efecto del biocarbón BIOCAR de carbotecnia como lecho filtrante en la remoción de Plomo y Zinc de aguas contaminadas a nivel de laboratorio?

1.2.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuál es el mejor diseño de un filtro de biocarbón de laboratorio para adsorber Plomo y Zinc de aguas contaminadas?
- ¿Cuáles son los parámetros físicos - químicos iniciales del agua contaminada a ser tratada por la filtración?
- ¿Cuál es la adsorción del filtro de biocarbón para la retención de Plomo de aguas contaminadas?
- ¿Cuál es la adsorción del filtro de biocarbón para la retención de Zinc de aguas contaminadas?

1.3.OBJETIVO GENERAL

Determinar el efecto del biocarbón BIOCAR de carbotecnia como lecho filtrante en la remoción de Plomo y Zinc de aguas contaminadas a nivel de laboratorio.

1.4.OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar el filtro de laboratorio con el lecho filtrante de biocarbón (BIOCAR) que será utilizado en los ensayos de laboratorio.
- Determinar las características fisicoquímicas iniciales del agua contaminada que será tratada con el filtro de biocarbón.
- Determinar la adsorción de Plomo del agua contaminada por el filtro de biocarbón.
- Determinar la adsorción de Zinc del agua contaminada por el filtro de biocarbón.

1.5.JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

Se justifica porque la elaboración del BIOCAR, es rentable ya que requiere de poca inversión, debido a que los insumos a usar son residuos de madera, mismo que sirve para obtener varios kilos de BIOCAR, el cual puede ser aprovechado de muchas formas.

JUSTIFICACIÓN SOCIAL

La elaboración del proyecto a realizar traerá muchos beneficios a la población, ya que si se comprueba que el BIOCAR es eficiente para mejorar la calidad de las aguas contaminadas por metales se podrá usar para la descontaminación de ríos, lagunas y quebradas. Otro beneficio para la sociedad es que va a generar empleos a la población, ya que el comercio de este producto es factible.

JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL

Se justifica porque el problema de la emisión de metales pesados en los ríos es real, incluso en el río Huallaga, ya que intoxican a varios niveles de la cadena trófica, desde microorganismos, hasta animales superiores, por ello se da la pérdida de vida acuática, y así de la flora. Es necesario buscar mecanismos para ayudar a mejorar la calidad de las aguas contaminadas, como valor agregado es que se usará residuos de madera, lo cual permitirá el

aprovechamiento de estos residuos generados en gran cantidad por las industrias madereras.

JUSTIFICACIÓN TÉCNICA

Técnicamente, la elaboración del BIOCAR es un tema ya muy abordado, y el proceso no es complejo, lo cual hace posible que se repliquen en otras comunidades.

1.6.LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Una limitación la deficiencia en los laboratorios en el departamento para la determinación de análisis de los parámetros físicos y químicos producidos. Sin embargo, es posible realizar el estudio, ya que existen laboratorios cerca de la ciudad de Huánuco.

1.7.VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

El trabajo de investigación es viable, ya que se cuenta con fácil acceso a aguas contaminadas por metales.

Es de fácil elaboración por lo cual genera gastos menores en la adquisición de materiales y ejecución del proyecto

Se cuenta con el espacio adecuado para la ejecución del proyecto, esta requiere de un espacio no muy amplio.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.2.1. NIVEL INTERNACIONAL

Gallego y Rubio (2022) en su artículo: Remoción de colorantes en aguas procedentes de la industria textil mediante el uso de biocarbón. Colombia. Universidad de Antioquia. Tuvo por **objetivo** analizar la eliminación de tintes en aguas derivadas de la industria textil utilizando biocarbón. La **metodología** para absorber contaminantes se encuentra fuertemente definida por sus propiedades. La superficie particular, especialmente la configuración de los poros microscópicos y su disposición, afecta la capacidad de adsorción, entendida como un proceso de llenado de poros. Además, puede suceder la interacción entre el material adsorbente y el contaminante mediante fuerzas de Van der Waals. Después de analizar la bibliografía disponible, se determina que el biocarbón es una alternativa tecnológica sumamente interesante para el tratamiento de aguas contaminadas con tintes, en particular aquellos provenientes de la industria textil. Esto es resultado de las distintas características fisicoquímicas del biocarbón, las cuales establecen su efectividad en la expulsión de estas sustancias tóxicas. El biocarbón, al ser fabricado con biomasa residual, se transforma en un material sustentable que contribuye a resolver el problema de la contaminación del agua causada por tintes y respalda el crecimiento de una economía circular.

Moreno et al., (2018) en su artículo: Determinación de la eficiencia del Biochar a base de cascarillas de maní, para la adsorción de cromo presente en el agua que entra al humedal Jaboque, como un aporte para su descontaminación. Universidad Manuela Beltrán. Colombia. Tuvo como su propósito es evaluar la eficacia del Biochar producido a partir de la cascarilla de maní para la adsorción de cromo en una muestra de agua, contribuyendo a la reducción de la contaminación de este cuerpo de agua.

El estudio se realizó utilizando una metodología cuantitativa, iniciando con una revisión bibliográfica en bases de datos científicas como Scopus y Science Direct, con el propósito de identificar y comparar varios estudios que emplean biocarbones para la adsorción de cromo. Además, se estableció que el Humedal Jaboque es uno de los ecosistemas acuáticos más afectados por la contaminación causada por actividades humanas, particularmente por la presencia de metales pesados. La restauración del Humedal Jaboque mediante soluciones biológicas puede mitigar la contaminación por cromo en su entorno acuático. Una de las estrategias más efectivas para lograr esto es el uso del Biochar derivado de cascarilla de maní, que demuestra ser superior en la adsorción de cromo en comparación con otros materiales. Esta técnica no solo es eficiente, sino que también proporciona una solución ambientalmente sostenible, adaptable a diferentes condiciones del suelo, lo que la hace ideal para abordar el problema de contaminación en el humedal desde un enfoque ingenieril.

Ballares (2020) en su tesis: Absorción de mercurio en aguas contaminadas mediante biocarbón de madera y PVC, bajo el paradigma de la economía circular. Universidad tecnológica de Pereira. Colombia. Tuvo por **objetivo** evaluar la viabilidad técnica y económica de una mezcla de biocarbón compuesta por madera y PVC para absorber y eliminar mercurio en aguas contaminadas con este metal es el objetivo principal. La investigación se basó en un análisis exhaustivo sobre el uso del biocarbón para eliminar mercurio en aguas contaminadas, considerando su producción a partir de materiales orgánicos, su aplicación en la limpieza de fuentes de agua contaminadas y la técnica de pirolisis como método de combustión. Los resultados indican que el biocarbón es un material altamente efectivo, tanto económica como ambientalmente, para la adsorción de mercurio debido a sus características inherentes. No obstante, factores como el área superficial específica, el contenido de cenizas, el volumen de poros y la presencia de grupos funcionales básicos son determinantes en su capacidad para adsorber mercurio. Por ello, en

ciertos casos, las modificaciones químicas y físicas del biocarbón resultan eficaces para optimizar sus características y mejorar su desempeño.

2.2.2. NIVEL NACIONAL

Carrera (2022) en su tesis: Aplicación del biocarbón de caña de azúcar (*Saccharum Officinarum*). Chiclayo – Perú. Universidad Cesar Vallejo. El propósito de esta investigación fue analizar la utilización del biocarbón derivado de *Saccharum officinarum* (caña de azúcar) en el tratamiento de aguas contaminadas por nitratos. Con este propósito, se definieron los siguientes objetivos específicos: identificar los métodos de elaboración de biocarbón y su impacto en la adsorción de nitratos, describir las propiedades de adsorción del biocarbón y comparar los beneficios y limitaciones del biocarbón de caña de azúcar en la depuración de aguas contaminadas por nitratos. El análisis realizado en las bases de datos mostró 169 investigaciones; no obstante, tras aplicar los criterios de inclusión y exclusión, se seleccionaron 43 artículos relevantes, de los cuales el 34.88% cumplió con los tres objetivos planteados. La aplicación del biocarbón de caña de azúcar en aguas contaminadas con nitratos surge como una opción económica, dado que su fabricación ayuda a disminuir los desechos agrícolas y no demanda un gran consumo de energía para su uso. No obstante, las variaciones en las metodologías de pirólisis generan diferencias en la efectividad del biocarbón bajo distintas condiciones en sistemas contaminados. En resumen, se recomienda llevar a cabo más estudios sobre el manejo y la eliminación final del material adsorbente tras su utilización en la eliminación de nitratos

Chuquimboques et al., (2019) en su artículo: Optimización de la remoción simultánea de nitrato, nitrito, amonio y fosfato de aguas residuales municipales. Perú. El presente estudio tiene el **objetivo** de evaluar la capacidad de remoción del biochar de bagazo de caña de Se evaluaron las concentraciones de nitrato, nitrito, amonio y fosfato en aguas residuales municipales, determinando además la dosis óptima de biocarbón (mg/ml) para la remoción sinérgica de estos contaminantes dentro de la matriz analizada. La metodología incluyó el desarrollo de 10

tratamientos experimentales con diferentes dosis de biocarbón (0,5; 1,0; 2,0; 3,0 y 4,0 mg/ml) y tiempos de contacto de 2 y 4 horas. Cada tratamiento se llevó a cabo por triplicado y los porcentajes de eliminación se mostraron a través de sus promedios y errores estándar. Asimismo, además de analizar el impacto individual de la dosis de biocarbón y el tiempo de contacto, se llevó a cabo un análisis bivariado empleando la técnica de superficie de respuesta y la superposición de imágenes de contorno. Los hallazgos mostraron que las eficiencias más altas de eliminación fueron del 95,7 % para NH_4^+ , 94,6 % para PO_4^{3-} , 72,0 % para NO_2^- y 57,0 % para NO_3^- , logradas en un intervalo de tiempo de contacto de 3,50 a 3,75 horas y con dosis de biocarbón de entre 1,25 y 1,75 mg/ml. Finalmente, la validación estadística mostró coeficientes R^2 del 93,01 %, 96,12 %, 96,15 % y 57,59 % para los modelos bivariados correspondientes a NH_4^+ , PO_4^{3-} , NO_2^- y NO_3^- , respectivamente, con un nivel de significancia del 95 %.

Ramírez et al., (2018) en su artículo: Eficiencia del Biochar obtenido a partir de residuos orgánicos municipales para la remoción de materia orgánica en aguas residuales, Chachapoyas, Amazonas, 2018. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Amazonas. Tuvo por **objetivo** analizar la efectividad del biochar obtenido de residuos orgánicos municipales para la remoción de materia orgánica en aguas residuales. La **metodología** para la elaboración del producto, ocurrió a través de pirólisis a 550 a 660 °C en un tambor homo pirolítico de doble tambor. Se implementó un filtro para el procesamiento de las aguas residuales de la quebrada Santa Lucía en la ciudad de Chachapoyas, que está compuesto por biochar, arena fina, arena gruesa y piedras del río. Los **resultados** evidenciaron que la mayor eficiencia al filtrar con biochar para eliminar la materia orgánica de las aguas servidas de la quebrada de Santa Lucía fue del 75% en la eliminación de DBO (en el experimento número 2) y del 71% en la eliminación de DQO (en el experimento número 6), gracias a que en estos experimentos se empleó un biochar con una composición de tuza de maíz del 90 y 45 % respectivamente. Se llegó a la **conclusión** de que la eficiencia del biochar

depende de la porosidad y de las características de la biomasa empleada para su síntesis.

2.2.3. NIVEL LOCAL

Calderón (2019) en su tesis: Remoción de arsénico mediante el uso del biofiltro de carbón activado a base de cáscara de manzana para el tratamiento de aguas subterráneas empleadas para el consumo humano de la comunidad campesina San Marcos de la Aguada, Mala, Lima 2019. Tuvo por **objetivo** la remoción de arsénico se realizó mediante un biofiltro de carbón activado creado a partir de cáscara de manzana, con la finalidad de analizar su efectividad en el tratamiento de aguas subterráneas para el consumo humano. El estudio se puso en marcha con una metodología cuantitativa, con un enfoque explicativo y un diseño experimental. Se recolectaron muestras de agua de un pozo situado en la Comunidad Campesina San Marcos de La Aguada, el cual fue escogido para este análisis. Para eliminar el arsénico, se elaboraron cuatro variedades distintas de biofiltros; tres de estos diferían en la cantidad de carbón activado procedente de la cáscara de manzana y en los distintos flujos de agua empleados, mientras que el cuarto se compuso únicamente de grava y arena (control). Los hallazgos indicaron que tras el tratamiento con biofiltros, la concentración de arsénico se redujo a 0.01 mg/L, lo que cumple con el Límite Máximo Permisible estipulado en el Reglamento de Calidad para el Consumo Humano – D.S. N° 031 – 2010 – SA.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. EFECTO DEL BIOCAR

BioCar es un carbón de origen vegetal desarrollado a partir de la pirólisis controlado de concha de coco, para el mejoramiento de suelos utilizados para la germinación y el cultivo. La pirólisis controlado se lleva a cabo a una temperatura máxima de 500 °C, a una velocidad lenta de calentamiento, en un tiempo que garantiza un alto grado de carbonización. BIOCAR es indicado para el cultivo de la mayoría de plantas. Es recomendable probarlo para cada caso. Al aplicarlo en la tierra, modifica sus propiedades fisicoquímicas, lo que incide en la fertilidad de la vegetación que se desarrolla en ellas (Carbotécnia, 2018).

El biocarbón es el resultado de la descomposición térmica de biomasa orgánica en condiciones de escaso o limitado suministro de oxígeno, un proceso conocido como pirólisis. Este proceso se lleva a cabo a temperaturas relativamente bajas, por debajo de los 700 °C, y su principal aplicación es en el ámbito agrícola. Esto lo diferencia del carbón utilizado como combustible y del carbón activado, que tienen propósitos distintos. (Escalante et al, 2016).

El biocarbón es un material con alto contenido de carbono que se produce al calentar biomasa, generalmente proveniente de madera, aunque también puede derivar de plantas o animales, en un ambiente con suministro limitado de oxígeno. Este proceso se considera carbono negativo, ya que el carbono presente en la biomasa se reintegra al suelo en lugar de liberarse como CO₂ a la atmósfera, contribuyendo así a la mitigación del cambio climático. (Parent, 2022).

El biocarbón puede ser producido mediante diversas técnicas, que van desde la simple excavación de hoyos en el suelo hasta el uso de sofisticados hornos industriales de pirolisis. La pirolisis es un proceso termoquímico que descompone material orgánico a altas temperaturas. Su nombre proviene de los términos griegos "pyro" (fuego) y "lysis" (separación). Este proceso se utiliza para generar carbón, carbón activado, metanol y otros productos químicos a partir de madera, así como

para transformar dicloruro de etileno en cloruro de vinilo y para la producción de coque a partir del carbón. Además, la pirolisis permite convertir biomasa en gas sintético y biocarbón. (Parent, 2022).

El biocarbón (materia orgánica carbonizada diseñada para su uso como complemento) se está estudiando progresivamente como una posible opción para incrementar la fertilidad de los terrenos, mientras mejora la captura de carbono orgánico y reduce la biodisponibilidad de metales pesados en el suelo. (Fernández, 2018).

El biochar, o biocarbón, es una tecnología ancestral que fue empleada por civilizaciones antiguas en diversas partes del mundo. En épocas pasadas, era común que los residuos carbonosos y las cenizas generadas al utilizar leña para cocinar alimentos y calefaccionar hogares se esparcieran en los huertos domésticos. Esta práctica ayudaba a reincorporar nutrientes al suelo y a mejorar la salud de los cultivos, garantizando condiciones óptimas para la germinación y el crecimiento de las plantas. (Iglesias et al., 2020).

Figura 1

Biochar



Nota. Iglesias et al., 2020

2.2.2. MATERIAS PRIMAS

La gama de materiales que pueden utilizarse para producir biocarbón es amplia. Sin embargo, no todos los residuos o subproductos son adecuados como materia prima. Un aspecto clave para elegir estos materiales es que su utilización para producir biocarbón no debe interferir con otros usos, particularmente si estos ofrecen productos de mayor valor económico o si compiten con la producción de alimentos, bienes y servicios ambientales. Entre los materiales más destacados en la literatura se incluyen los restos de cosechas, plantas deshidratadas, biomasa proveniente de árboles, residuos de papel y arroz, así como los desechos de aceitunas y los residuos orgánicos generados en entornos urbanos. Algunos materiales que pueden ser usados como materia prima es: madera, estiércol, hojas, residuos de cultivos, camas de aves, algas, cáscaras de naranja, de nueces y lodos residuales (Escalante et al., 2016).

Propiedades absorbentes del BIOCAR

Las investigaciones indican que, además de favorecer la mejora de la calidad del suelo y ayudar en el almacenamiento de carbono, el biochar tiene el potencial de funcionar como un adsorbente químico de bajo costo, capaz de retener distintos compuestos químicos, entre ellos algunos de los contaminantes ambientales más frecuentes. Se ha documentado que el biochar tiene una mayor capacidad de adsorción para compuestos orgánicos hidrofóbicos, como los hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs) y los bifenilos policlorados, en comparación con la materia orgánica natural. Esto resalta su potencial en aplicaciones de remediación ambiental y tratamiento de aguas contaminadas. (Ramos, 2012).

El biochar no solo es eficaz en la adsorción de compuestos orgánicos, sino que también puede eliminar contaminantes metálicos del agua al capturar iones de metales pesados. Se ha demostrado que el biochar es seis veces más efectivo en la adsorción de plomo en comparación con el carbón activado comercial. En una investigación centrada en la eliminación de cromo hexavalente (Cr (VI)) de soluciones

acuosas, se empleó biochar elaborado a partir de residuos de remolacha azucarera. Este estudio analizó cómo el pH, el tiempo de contacto y la cantidad de biochar influyen en un sistema por lotes, descubriendo que la capacidad máxima de adsorción para Cr (VI) fue de 123 mg/g en un ambiente ácido, alcanzando el equilibrio en un lapso de 16 horas. (Cao et al., 2009).

El biocarbón posee características esenciales, como una gran área superficial específica, una estructura porosa y la existencia de grupos funcionales, que son cruciales para su efectividad en la remoción de contaminantes en el agua. En años recientes, ha aumentado significativamente el número de investigaciones que registran la habilidad del biocarbón para adsorber diferentes tipos de contaminantes. Estos informes destacan su potencial como material alternativo para el tratamiento de aguas residuales, donde su alta porosidad y propiedades fisicoquímicas le permiten actuar como un eficaz adsorbente de compuestos tóxicos. La investigación en este campo continúa creciendo, reflejando el interés en utilizar el biocarbón no solo para la remediación del suelo, sino también como una solución sostenible y rentable para mejorar la calidad del agua. (Henao et al., 2020).

Composición del biochar

Algunos investigadores argumentan que la composición química del biocarbón es comparable a la del carbón destinado a combustible, diferenciándose principalmente en su finalidad de uso. No obstante, el biocarbón exhibe relaciones oxígeno-carbono (O/C) más altas que las del carbón mineral. Aunque este último también proviene de biomasa, se genera mediante procesos geológicos que transcurren en escalas de tiempo significativamente más largas, propias de la formación geológica. (Escalante et al., 2016).

Tabla 1*Composición del biochar*

Determinaciones	Biochar Pir. Rápida		Biochar Pir. Lenta	
	Cortezas	Ramas	Cortezas	Ramas
pH	7,91	11,09	10,36	9,91
C.E. (dS/m)	5,03	6,09	15,5	3,42
N (%)	0,84	0,45	0,59	0,31
P ₂ O ₅ (%)	0,5	0,52	0,54	0,24
K ₂ O (%)	1,75	1,84	1,94	0,64
C. Total (%)	48,14	47,31	44,56	54,91
CaO (%)	8,65	9,77	11,62	2,53
MgO (%)	1,3	1,04	1,44	0,38
Na (%)	0,17	0,15	0,14	0,11
S (%)	0,11	0,1	0,22	0,11

Nota. Iglesias et al., 2020.

Características Físicas-Químicas

El biocarbón es un material sólido de color negro, con una superficie compleja y desorganizada. Sus propiedades físicas cambian en función del tipo de biomasa empleada y de las condiciones bajo las cuales se lleva a cabo la pirólisis. Por lo general, se considera un material amorfo, como lo demuestran investigaciones realizadas con microscopía electrónica de barrido. Está formado por partículas de diferentes tamaños, que varían según la fuente y las dimensiones de la materia prima utilizada. Su elevada porosidad abarca micro, meso y macroporos, con tamaños que oscilan entre menos de 2 nm y más de 50 nm; esta propiedad ha llevado a compararlo con un arrecife subterráneo que puede actuar como un hábitat para microorganismos. Los macroporos se originan en los espacios inherentes a la materia prima original y facilitan el transporte rápido de sorbatos, lo que a su vez favorece su difusión en el volumen de microporos, ayudando al movimiento de moléculas concentradas. (Escalante et al., 2016).

2.2.3. PROCESOS PARA OBTENER BIOCAR

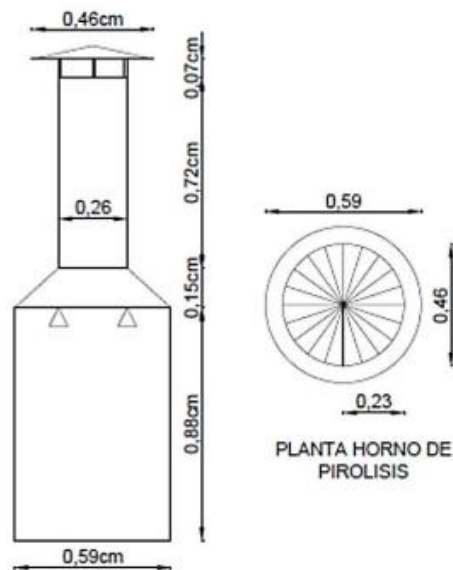
1. Elaboración de BIOCAR por el método de pirólisis rápida en horno pirolítico

Para la fabricación del horno de pirólisis, se adoptó el diseño sugerido por el Departamento de Montes de la FAO. Este horno presenta una estructura de doble cámara: una externa destinada a la combustión y otra interna dedicada a la pirólisis. Se utilizó un tanque metálico de 55 galones, complementado con dos tanques internos que actuaron como reactores de pirólisis, cada uno con una capacidad de 15 galones. Después de limpiar el horno con una primera quema y eliminar el material generado, se procedió a elaborar el biochar empleando dos clases distintas de biomasa. La duración promedio de la quema fue de entre dos y tres horas, variando según la hora y las condiciones del entorno. En cada carga, se garantizó que los reactores contuvieran únicamente un tipo homogéneo de biomasa. El control de temperatura se llevó a cabo con un termómetro digital, manteniendo la temperatura óptima en 400 °C. (Iglesias et al., 2020).

Escalante et al., (2016) señala que en la pirólisis rápida se caracteriza por un calentamiento superior a 200 °C/s, alcanzando temperaturas generalmente superiores a 550 °C. Este proceso, que implica un corto tiempo de residencia del vapor, produce productos de alta calidad, predominantemente líquidos como bioaceites y gases ricos en etileno, que pueden ser utilizados para la producción de alcoholes o gasolina. La generación de carbón y alquitrán es considerablemente menor en este método. Durante el proceso de pirólisis, los polímeros que componen la biomasa se descomponen, generando vapores que al condensarse forman bioaceite. Asimismo, este método podría representar una forma segura de eliminar materias primas contaminadas con toxinas.

Figura 2

Horno para la pirólisis rápida



Nota. Iglesias et al., (2020)

2. Elaboración de BIOCAR por el método de pirólisis lenta

La pirólisis tradicional o lenta se distingue por un calentamiento paulatino de la biomasa, empleando temperaturas moderadas y tiempos prolongados de permanencia tanto para los materiales sólidos como para los gases. En este proceso, la velocidad de calentamiento suele estar entre 0.1 y 2 °C por segundo, alcanzando temperaturas que normalmente se sitúan alrededor de los 500 °C. Este proceso permite la descomposición de la biomasa en productos como carbón, aceites y gases, aunque la producción de líquidos y gases es más prominente en comparación con la generación de sólidos. La pirólisis convencional es utilizada para obtener productos que pueden ser aprovechados en diversas aplicaciones, incluyendo la producción de bioenergía y la mejora del suelo. El tiempo de residencia del gas puede ser mayor de 5 s, mientras que para la biomasa puede ser de minutos a días (Escalante et al., 2016).

En este caso, se llevó a cabo la pirólisis en un hoyo excavado en la tierra, siguiendo el método ancestral de producción de carbón subterráneo, que implica restringir la entrada de oxígeno al material que

se está carbonizando. Para ello, se cubrió el material con tierra y ramas. Este proceso tuvo una duración de entre cuatro y seis días, dependiendo de las condiciones climáticas. La extracción del carbón se realizó una vez que la temperatura descendió y se detuvo el proceso de pirólisis. Este método tradicional permite obtener carbón de manera sostenible, aprovechando recursos locales y minimizando el impacto ambiental. (Iglesias et al., 2020).

3. Elaboración de BIOCAR por gasificación

En este proceso, la biomasa, especialmente la madera, se somete a una secuencia de dos reacciones. La primera reacción es la carbonización, que implica la conversión de la madera en carbón y se asemeja a lo que ocurre durante la pirólisis lenta. Una vez que se forma el carbón, se inicia la segunda reacción, conocida como gasificación del carbón, que ocurre a temperaturas más elevadas y convierte el carbón en ceniza. Si hay un exceso de oxígeno, todo el carbón se consume completamente, dejando solo cenizas. En cambio, si la cantidad de oxígeno es limitada, solo una parte del carbón se quema, resultando en algunos remanentes de carbón. Este proceso permite obtener diferentes productos dependiendo de las condiciones de oxígeno y temperatura presentes durante las reacciones. (Escalante et al., 2016).

4. Elaboración de BIOCAR por carbonización hidrotérmica

La carbonización hidrotérmica es otra técnica para producir biocarbón que implica calentar materiales con alto contenido de agua, como lodos residuales, pulpa de café, estiércoles y algas, sumergidos en agua. Aunque se aplican altas temperaturas, no se alcanza el punto de ebullición. Este proceso permite carbonizar materiales sólidos con lignina y celulosa, así como polisacáridos disueltos en agua, obteniendo productos carbonosos con nanoestructuras. Además, se pueden producir biocarbones a bajas temperaturas (aproximadamente 200 °C) y en tiempos muy cortos. (Escalante et al., 2016).

Proceso de elaboración del biochar

- a) Se abre en el suelo un cono con 63° de inclinación; 1,50 m de diámetro y 1 m de altura.
- b) Las ramas de la biomasa leñosa deben ser cortadas con un largo de 60 – 70 cm y diámetros no superiores a 5 – 7 cm.
- c) Se ubican en el fondo del cono las partes más gruesas y se colocan las pilas unidas y de forma cruzada para que penetre el aire, cuando se tenga $\frac{1}{4}$ del cono con biomasa.
- d) Se prende fuego a partir de depositar hierba seca encima de las ramas, cuando esté bien encendido se comienza a alimentarlo hasta una altura de 1,30 m
- e) El proceso está concluido cuando el color de los carbones es blanco cenizo.
- f) 20 min antes de concluir el quemado se comienza a poner agua con una manguera, por un lado.
- g) Se deja en agua durante 24 horas, se saca y se pone a la sombra a escurrir.
- h) A las 72 horas se tritura y está listo para enriquecerlo con un nutriente (Fernández et al.,2021).

Figura 3

Esquema ilustrado con las fases del proceso de elaboración y aplicación del biochar (Fase 1)



Nota. Fernández et al., 2021

Figura 4

Esquema ilustrado con las fases del proceso de elaboración y aplicación del biochar (Fase 2)



Nota. Fernández et al., 2021

2.2.4. CONCENTRACIONES DE METALES EN EL AGUA FILTRADA CON BIOCAR

1. Aguas contaminadas por metales

Se trata de aguas cuyas características naturales han sido modificadas por la acción humana y que, por su calidad, requieren un proceso de tratamiento antes de poder ser reutilizadas, vertidas en un cuerpo de agua natural o evacuadas al sistema de alcantarillado. (OEFA, 2014).

La contaminación por metales pesados se produce cuando elementos como arsénico, cobalto, cobre, cadmio, plomo, oro, plata y zinc, que se encuentran en las rocas extraídas o expuestas en minas subterráneas, entran en contacto con el agua. El contacto provoca que los metales sean arrastrados corriente abajo a medida que el agua desgasta la superficie de las rocas. Aunque los metales pueden desplazarse en condiciones de pH neutro, la lixiviación se intensifica considerablemente en ambientes con pH bajo, como los que se producen por el drenaje ácido generado en actividades mineras. (Díaz, 2018).

2. Aguas contaminadas por Plomo y Zinc

La contaminación por metales pesados, como el cadmio, zinc, plomo, cobre y manganeso, representa un grave riesgo para la vida cuando estos elementos contaminan el agua, el aire y los alimentos en niveles superiores a los límites permitidos. Su peligrosidad radica en que no son degradables ni química ni biológicamente, lo que les permite permanecer en el medio ambiente durante siglos. Además, su concentración en organismos vivos tiende a aumentar a medida que son ingeridos por otros seres vivos, lo que puede llevar a la intoxicación al consumir plantas o animales contaminados. Los efectos de esta exposición incluyen síntomas como ceguera, amnesia, raquitismo y miastenia, e incluso pueden resultar fatales. La actividad humana es la principal causa del aumento de estos metales en el medio ambiente, contribuyendo significativamente a las concentraciones tóxicas observadas. (Pedraza & Aceves, 2011).

3. Características Físicas

Color:

Generalmente, su color es gris o pardo, con un matiz rojizo debido a la presencia de sangre; sin embargo, como resultado de los procesos biológicos anóxicos, puede adquirir un tono negro. (Espigares y Pérez, 1985).

Sólidos:

Se pueden clasificar en:

- Totales: Se refiere a los residuos que quedan después de la evaporación y secado de la muestra a 130 °C durante 60 minutos.
- Fijos: Son los residuos que permanecen tras la evaporación y carbonización a 600 °C durante un período específico.
- Volátiles: Se define como la diferencia entre los sólidos totales y los sólidos fijos. (Espigares y Pérez, 1985).

Temperatura:

La temperatura del agua residual generalmente es superior a la del agua potable, ya que recibe agua caliente procedente de actividades como la limpieza y las labores del hogar. Esta temperatura oscila entre 10 °C y 21 °C, con un valor promedio cercano a los 15 °C. El incremento en la temperatura puede tener efectos perjudiciales en los cuerpos de agua receptores, alterando su flora y fauna, y favoreciendo el crecimiento no deseado de algas y hongos. Además, el aumento de temperatura puede contribuir a la disminución del oxígeno disuelto, dado que su solubilidad disminuye a medida que la temperatura aumenta. (Espigares y Pérez, 1985).

Turbidez:

La turbidez en las aguas residuales se debe a la presencia de materias en suspensión, como limo, materia orgánica y microorganismos. Esta turbidez en los cuerpos de agua receptores afecta la penetración de

la luz, lo que puede resultar en una disminución de la productividad primaria. (Espigares y Pérez, 1985).

Olor:

El olor de las aguas residuales puede ser tolerable en un principio, pero a medida que pasa el tiempo y se agota el oxígeno, los microorganismos anaerobios comienzan a proliferar. Estos microorganismos transforman los sulfatos y sulfitos en sulfuros. Cuando hay hierro disponible, se desencadena una reacción que produce sulfuro de hierro, responsable del olor desagradable típico de las aguas sépticas. Asimismo, en las fermentaciones anaerobias se originan gases con olores desagradables. (Espigares y Pérez, 1985).

4. Características Químicas

Estos parámetros son esenciales para analizar las características del agua residual y establecer los métodos adecuados para su tratamiento y gestión ambiental. (Espigares y Pérez, 1985).

Materia orgánica:

Proteínas (40-60 %)

Carbohidratos (25-50 %)

Grasas y aceites (10 %)

Las aguas residuales contienen urea y amoníaco como fuentes principales de nitrógeno, junto con proteínas que también aportan este elemento. La materia orgánica presente en estas aguas puede ser fuente de azufre, hierro y fósforo. La descomposición de las proteínas lleva a la presencia de una amplia variedad de aminoácidos naturales en el agua. Además, se encuentran azúcares como la glucosa, lactosa, sacarosa, fructosa y galactosa, así como ácidos orgánicos como el acético, propiónico, butírico, láctico y cítrico. Además, se encuentran compuestos como celulosa, almidón y lignina en las aguas residuales. Las grasas se descomponen lentamente por las bacterias, pero pueden ser atacadas por ácidos minerales, lo que genera glicerina y ácidos grasos. Estos ácidos

grasos tienen la capacidad de interactuar con álcalis para generar glicerina y jabones, que son formas alcalinas de estos ácidos grasos. Como las grasas tienen una densidad inferior a la del agua, flotan, lo que obstaculiza los procesos de tratamiento y la vida biológica, promoviendo un entorno anaeróbico. En estas circunstancias, el proceso de degradación es más pausado y se emiten gases que provocan olores desagradables. Hay diversos parámetros relevantes que nos facilitan establecer el contenido de materia orgánica en estos sistemas. (Espigares y Pérez ,1985).

Los más importantes son:

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) cuantifica el oxígeno requerido por los microorganismos para descomponer la materia orgánica presente en el agua. Esta prueba se lleva a cabo a una temperatura de 20 °C durante un período de cinco días, y el resultado se denomina DBO5. La medición se basa en la concentración de oxígeno disuelto, utilizando un método que implica un respirómetro. Durante la oxidación, el dióxido de carbono liberado se absorbe, lo que reduce la presión, que se mide para calcular la DBO. Sin embargo, este método tiene limitaciones, como el tiempo necesario para realizar la prueba y la dificultad para diferenciar entre la demanda de oxígeno para carbono y nitrógeno. (Espigares y Pérez, 1985).

Demanda química de oxígeno (DQO)

La Demanda Química de Oxígeno (DQO) evalúa la cantidad de materia orgánica presente en el agua al medir el oxígeno requerido para su oxidación mediante un agente oxidante químico, como el permanganato potásico o el dicromato potásico. Este valor siempre supera a la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), ya que hay más compuestos que se pueden oxidar químicamente que biológicamente. En el caso de aguas de consumo, se utiliza comúnmente permanganato,

mientras que para aguas residuales se emplea dicromato, siendo este último el método estándar para la DQO. (Espigares y Pérez, 1985).

Carbono orgánico total (COT)

La determinación del carbono orgánico total (COT) consiste en someter una muestra a un calentamiento en un horno a temperaturas elevadas, proceso durante el cual el carbono orgánico se transforma en dióxido de carbono (CO₂) mediante la acción de un catalizador. Después, se determina la cantidad de CO₂ generado mediante un analizador de infrarrojos. No obstante, dado que no todos los compuestos orgánicos se oxidan completamente, los valores obtenidos del COT tienden a subestimar la cantidad real de carbono orgánico en la muestra. (Espigares y Pérez, 1985).

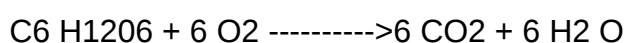
Demanda total de oxígeno (DTO)

La prueba se lleva a cabo en una cámara de combustión que contiene un catalizador de platino, donde la materia orgánica se transforma en productos finales estables. Posteriormente, se mide el oxígeno residual utilizando cromatografía de gases, lo que posibilita calcular la Demanda Total de Oxígeno (DTO) a partir de dicha medición. (Espigares y Pérez, 1985).

Demanda teórica de oxígeno (DTeO)

La cantidad de materia orgánica presente en las aguas residuales se calcula a partir de una reacción teórica que supone una oxidación total. Para llevar a cabo esta estimación, es fundamental conocer la composición de las aguas residuales, especialmente su proporción de carbohidratos, proteínas y lípidos. (Espigares y Pérez, 1985).

Según Espigares y Pérez (1985) Si tomamos la glucosa como ejemplo, sería:



$$DTeO = 6 \text{ moles de } O_2 / \text{mol de glucosa} = 6 \times 32 = 192 \text{ gr } O_2 / \text{mol}.$$

PH

La actividad biológica ocurre dentro de un rango de pH que suele ser bastante limitado. Un pH comprendido entre 5 y 9 generalmente no tiene un impacto considerable en la mayoría de las especies, aunque algunas pueden ser muy sensibles a estas variaciones. La capacidad corrosiva de las aguas ácidas es un aspecto relevante del pH, ya que puede disolver sustancias al afectar los materiales. Un efluente con un pH fuera de los valores adecuados puede modificar la composición y perjudicar la vida biológica en cuerpos de agua naturales. Asimismo, su tratamiento mediante procesos biológicos resulta complicado, dado que estos métodos funcionan eficazmente solo cuando el pH se encuentra entre 6,5 y 8,5. Por lo general, las aguas residuales urbanas presentan un pH cercano a la neutralidad. Además del efecto directo, el pH también afecta de manera indirecta la toxicidad de ciertas sustancias, especialmente aquellas cuya toxicidad depende del grado en que se disocian. (Espigares y Pérez, 1985).

Alcalinidad

La alcalinidad del agua indica la concentración de iones tales como carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos, los cuales se unen con elementos como calcio, magnesio, sodio, potasio y amoníaco. Las aguas residuales generalmente tienen un nivel de alcalinidad determinado, que proviene tanto del agua de suministro como de las sustancias utilizadas en los hogares. (Espigares y Pérez, 1985).

Nitrógeno

El nitrógeno es fundamental para el crecimiento de microorganismos y plantas. No obstante, su falta puede modificar la composición bioquímica de los organismos y reducir su tasa de crecimiento. Por otro lado, cuando el nitrógeno está presente en grandes cantidades, puede provocar la disminución del oxígeno y la eutrofización en cuerpos de agua. Esto suele ocurrir debido al uso excesivo de fertilizantes en la agricultura, que pueden contaminar las aguas subterráneas y afectar la calidad del agua potable. En aguas residuales recientes, el nitrógeno se presenta mayormente

como urea y proteínas, sustancias que las bacterias descomponen con facilidad. Este proceso genera primero amonio y luego derivados como nitritos y nitratos. El amoníaco, como producto inicial de la descomposición de urea y proteínas, funciona como un indicador químico indirecto confiable para detectar contaminación fecal reciente. Ciertos microorganismos muestran preferencia por el amonio frente al nitrato cuando ambos están presentes, mientras que el amonio también puede bloquear la asimilación de nitratos en diversos organismos. El amoníaco destaca como elemento clave en el análisis de calidad hídrica y su vinculación con contaminación de origen fecal. Su forma NH_3 presenta toxicidad para ciertos microorganismos debido a su solubilidad lipídica, que facilita su penetración en membranas celulares. Esta característica puede afectar negativamente los procesos biológicos en plantas de tratamiento de aguas residuales. Las transformaciones entre las formas nitrogenadas dependen directamente de variables ambientales como pH y temperatura. Paralelamente, los nitritos suelen emplearse como marcadores indirectos para detectar contaminación fecal en sistemas acuáticos. Los nitratos representan la forma de mayor oxidación del nitrógeno en aguas residuales, destacando por su alta reactividad química que facilita procesos oxidativos. Su desaparición en el ambiente puede deberse a entornos con déficit de oxígeno, donde los microorganismos se ven forzados a emplear oxígeno molecular disponible en compuestos, derivando el hidrógeno hacia estados químicos reducidos. La presencia elevada de nitratos en acuíferos constituye un riesgo sanitario crítico, al contaminar reservas hídricas para consumo humano y generar efectos como metahemoglobinemia en lactantes, junto con un aumento del riesgo de desarrollo de patologías oncológicas. (Espigares y Pérez, 1985).

Fósforo

El fósforo, imprescindible para el crecimiento de los organismos, está presente en las aguas residuales en formas como ortofosfato, polifosfato y fosfato orgánico. Aunque se requiere en cantidades menores que el nitrógeno, es fundamental para cubrir las necesidades biológicas de todos los organismos. Sin embargo, al igual que el nitrógeno, el fósforo puede

causar eutrofización en los cuerpos de agua, lo que genera impactos negativos en los ecosistemas acuáticos.

El control del fósforo en aguas residuales, particularmente el proveniente de detergentes, ha ganado relevancia global. Esto ha motivado la sustitución del tripolifosfato sódico (principal ingrediente en estos productos) por alternativas como la sal sódica de ácido nitrilotriacético. La medida busca disminuir la concentración de este nutriente en efluentes, ya que su exceso desencadena procesos de eutrofización en cursos hídricos, generando impactos negativos en la calidad del agua y desequilibrios en los ecosistemas acuáticos. (Espigares y Pérez, 1985).

Azufre

El azufre es esencial para la síntesis de proteínas y se libera durante su descomposición. La mayoría de los microorganismos obtienen azufre del sulfato, pero algunas especies requieren formas más reducidas para su crecimiento. En condiciones sin oxígeno, las bacterias pueden transformar sulfatos en sulfuros y sulfuro de hidrógeno, sustancias clave en el manejo de residuos líquidos y su proceso de septización. Esto resalta la relevancia del azufre en los procesos biogeoquímicos y su impacto en la calidad del agua y el tratamiento de aguas residuales. (Espigares y Pérez, 1985).

Compuestos tóxicos

Los componentes tóxicos en las aguas residuales representan una gran preocupación en cuanto a su vertido y tratamiento, ya que pueden causar daños significativos a los organismos y microorganismos acuáticos. Un vertido indiscriminado de estas aguas puede destruir la biota acuática o provocar la acumulación de sustancias tóxicas en ella, afectando así la cadena alimentaria y potencialmente llegando al ser humano. Además, la toxicidad de ciertos compuestos puede tener un efecto drástico en las plantas de tratamiento biológico. La contaminación puede resultar en la muerte de los microorganismos responsables del tratamiento, lo que paraliza los procesos biológicos necesarios para

purificar el agua. Por lo tanto, es crucial implementar medidas adecuadas para controlar y tratar las aguas residuales antes de su vertido en cuerpos receptores, a fin de proteger tanto el medio ambiente como la salud pública. (Espigares y Pérez, 1985).

Gases

Los gases más comunes en las aguas residuales son nitrógeno, oxígeno, dióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno, amoníaco y metano. Los tres primeros (nitrógeno, oxígeno y dióxido de carbono) están presentes en todas las aguas expuestas al aire, ya que son componentes típicos de la atmósfera. Por otro lado, los gases restantes (sulfhídrico, amoníaco y metano) son productos de la descomposición de la materia orgánica en las aguas residuales. Estos gases no solo son indicadores del estado de descomposición de la materia orgánica, sino que también pueden tener implicaciones importantes para el tratamiento y la gestión de las aguas residuales. (Espigares y Pérez, 1985).

Dentro de estos gases, los de mayor interés son:

Oxígeno disuelto:

El oxígeno disuelto (OD) es fundamental para la existencia de todos los organismos que requieren oxígeno. Su presencia en el agua es vital, ya que un aumento desmedido de microorganismos puede provocar su disminución, lo que a su vez favorece procesos anaerobios que producen olores desagradables. Por esta razón, los niveles de oxígeno disuelto son indicadores importantes de la calidad del agua. (Espigares y Pérez, 1985).

Sulfuro de hidrógeno:

El gas se genera por la descomposición anaeróbica de materia orgánica con alto contenido de azufre o mediante la reducción de sulfatos y sulfitos minerales. Es un gas inflamable e incoloro, caracterizado por su olor muy desagradable. Cuando el agua residual contiene hierro, este reacciona con el gas formando sulfuro de hierro, lo que provoca que el agua adquiera un color negro. (Espigares y Pérez, 1985).

Metano:

El metano, un hidrocarburo sin color ni olor que se utiliza ampliamente como combustible, es el resultado principal de la descomposición anaeróbica de materia orgánica presente en las aguas residuales. Aunque generalmente no se acumula en grandes volúmenes porque incluso niveles bajos de oxígeno pueden inhibir su generación, es fundamental manejarlo con cuidado debido al peligro de explosión que representa por su alta inflamabilidad. (Espigares, Pérez ,1985).

Tabla 2

Parámetros según GMTD

Parámetros	Principales fuentes
Materia orgánica (DQO, COT)	Sangre, líquido de cocción, heces o estiércol, contenido gástrico, etc.
Sólidos en suspensión	Purín/ estiércol, contenidos estomacales, pelos, restos carne.
Aceites y grasas	Aguas de escaldado, lavado canales.
Amonio y urea	Purín/estiércol, sangre.
Fosfatos, nitrógeno y sales	Heces, contenido gástrico, sangre, detergentes y desinfectantes.
Detergentes y desinfectantes	Productos limpiadores y desinfectantes.
Conductividad eléctrica	En los mataderos donde se procesan y acondicionan tripas, es posible que se registre una elevada conductividad si se pierde una gran cantidad de sal empleada para su salazón o si se salan las pieles de los bovinos sacrificados.

Fuente. Escuela Organización Industrial, 2008

En la GMTD, se proporciona una tabla con los rangos de variación y los valores promedio de concentración de los parámetros químicos más importantes en aguas residuales. Es importante tener en cuenta que las concentraciones reales de estos parámetros pueden variar significativamente entre diferentes instalaciones, y podrían no coincidir con los valores que se muestran en la tabla. (EOI, 2008).

Tabla 3*Rangos de valoración y el valor promedio de concentración*

	Max	Min	Promedio
Demanda Química de Oxígeno DQO (mg O ₂ /l)	35.000	774	10.259
Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO (mg O ₂ /l)	5.350	500	2.550
Sólidos en suspensión SS (mg/l)	5.000	220	2.102
Aceites y Grasas AyG(mg/l)	1.200	23	474
Nitrógeno total NT(mg N/l)	750	48	252
Fosforo Total PT (mg P/l)	90	10	40
Cloruros Cl (mg Cl/l)	1.000	649	825
Ph	8	6	7

Fuente. Escuela Organización Industrial, 2008

2.2.5. TIPOS DE BACTERIAS SEGÚN SU ACCIÓN BACTERIOLÓGICA

- Aerobias (requieren oxígeno para subsistir).
- Anaerobias (viven en ausencia de oxígeno).
- Facultativas (subsisten en presencia o ausencia de oxígeno).

Con niveles de oxígeno disuelto entre 2 y 5 mg/L, comienza la oxidación de la materia orgánica por acción bacteriana. Sin embargo, este oxígeno se agota rápidamente, permitiendo que solo las bacterias anaeróbicas y facultativas actúen sobre la materia orgánica, lo que resulta en su descomposición y la producción de gases de mal olor. Posteriormente, se lleva a cabo la oxidación, que es la etapa final en el tratamiento de aguas residuales. (Rodríguez, 2017).

2.2.6. NORMATIVIDAD Y LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LA DESCARGA DE EFLUENTES LÍQUIDOS DE ACTIVIDADES MINERO – METALÚRGICAS

Aprueban Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero–metalúrgicas. Teniendo como objetivo en su Artículo 1°. Aprobar los Límites Máximos Permisibles - LMP,

para la descarga de efluentes líquidos de Actividades mineras/metalúrgicas de acuerdo a los valores establecidos.

Tabla 4

Límites máximos permisibles (LMP) para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero–metalúrgicos

Parámetros	Unidad	LMP
Ph	...	6-9
DBO	mg/L	250
DQO	mg/L	500
Solidos suspendidos Totales	mg/L	300
Nitrógeno Total	mg/L	50
Plomo total	mg/L	0.2
Zinc total	mg/L	0.002

Fuente. MINAM (2010)

ECA de agua

Se pretende usar el agua para la categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

a) Subcategoría D1: Riego de vegetales

Las aguas utilizadas para el riego de cultivos vegetales son esenciales para la producción agrícola y su uso depende de varios factores, como el método de riego, el tratamiento del producto (crudo o cocido) y los procesos industriales aplicados.

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

Aeróbicas

La digestión anaerobia es un proceso microbiológico complejo que ocurre dentro del ciclo del carbono en condiciones sin oxígeno. En este ambiente anaeróbico, la materia orgánica se convierte en biomasa y en compuestos inorgánicos, principalmente gases volátiles como dióxido de carbono (CO_2), amoníaco (NH_3), sulfuro de hidrógeno (H_2S), nitrógeno (N_2) y metano (CH_4). Las bacterias anaeróbicas obtienen su alimento principalmente del carbono, usualmente en forma de carbohidratos, y del nitrógeno, que se encuentra en proteínas, nitratos, amoníaco, entre otros compuestos. El carbono es fundamental para generar energía, mientras que el nitrógeno es indispensable para la construcción de las estructuras celulares. (Mejía y Pérez ,2016).

Nitrógeno Total

Los compuestos nitrogenados son fundamentales para el desarrollo de protistas y plantas, por lo que se consideran nutrientes o bioestimulantes. La cantidad total de nitrógeno en un sistema está formada por diversas formas. (Mejía y Pérez, 2016).

Fósforo

La concentración de fósforo total en aguas residuales generalmente se encuentra en un rango de 5 a 20 mg/L, aunque puede variar según la fuente y el tipo de tratamiento aplicado. Este fósforo se presenta en diversas formas, incluyendo fósforo orgánico, ortofosfatos y polifosfatos (Metcalf & Eddy, 1996). El fósforo en las aguas residuales se origina principalmente en la materia fecal humana, que constituye entre el 50% y el 65% de su contenido. Además, está presente en los residuos de alimentos y en compuestos de fosfato inorgánico que se encuentran en detergentes y productos de limpieza. El empleo de detergentes sintéticos en lugar del jabón ha provocado un aumento significativo del fósforo en las aguas residuales domésticas. (Mejía y Pérez, 2016).

Temperatura

Las aguas residuales típicamente presentan una temperatura más elevada que las aguas no contaminadas. Este fenómeno se debe a la energía liberada durante las reacciones bioquímicas que tienen lugar en el proceso de descomposición de la materia orgánica presente en el agua. En otras palabras, a medida que los microorganismos degradan los contaminantes orgánicos, liberan energía en forma de calor, lo que provoca un aumento en la temperatura del agua residual. Este incremento de temperatura puede tener varios efectos en el tratamiento y la gestión de las aguas residuales. (Mejía y Pérez ,2016).

Humedad

La cantidad de agua en la madera se refiere al contenido de humedad, que aumenta con la humedad relativa del ambiente y disminuye con el aumento de la temperatura. (Bellido, 2018).

Oxígeno

El oxígeno desempeña un papel crucial en el proceso de oxidación, especialmente en la respiración celular, que es fundamental para el crecimiento de los hongos y otros organismos aeróbicos. La ausencia de oxígeno impide que estos organismos realicen la respiración aeróbica, lo que limita su capacidad para obtener energía a partir de la materia orgánica. (Credo, 2019).

Conductividad Eléctrica

La densidad de corriente y la conductividad están directamente relacionadas, mientras que el voltaje puede ajustarse para mantener constante la densidad de corriente o para variar la corriente en función de la conductividad del material. La adición de electrolitos, como NaCl o CaCl₂, a la solución provoca un incremento en su conductividad. (Paitán y Sifuentes, 2018).

Alcalinidad

La alcalinidad del agua se refiere a su capacidad para neutralizar ácidos. Este parámetro es crucial para determinar la calidad del agua y está profundamente relacionado con los procesos de nitrificación y desnitrificación. (Mejía y Pérez, 2016).

Sólidos Suspendidos

Porción de sólidos totales (ST) que se retiene en un filtro con un tamaño de poro determinado, evaluada después de haber sido secada a una temperatura específica (Mejía y Pérez, 2016).

Aceites y grasas

Los aceites y grasas son insolubles en agua y, en su mayoría, provienen de desechos alimentarios. Debido a su naturaleza inmisible, tienden a quedar en la superficie del agua, formando nata y espuma. Estos compuestos se extienden por la superficie, cubriendo amplias áreas de agua y disminuyendo la reoxigenación a través de la interfaz aire-agua. Esto reduce la cantidad de oxígeno disuelto en el agua, lo que a su vez afecta negativamente la fotosíntesis de la vegetación acuática. Además, en los procesos de tratamiento de agua, los aceites y grasas complican y encarecen la purificación (Paitan y Sifuentes, 2018).

Coliformes Totales

Los coliformes son tipos de organismos que señalan la presencia de contaminación por desechos humanos y animales. Uno de los parámetros más comunes para evaluar las características bacteriológicas de las aguas residuales es el conteo de Coliformes Totales, el cual incluye tanto Coliformes Fecales como Coliformes de Origen No Fecal. (Mejía y Pérez, 2016).

SDT

Sólidos que atraviesan el filtro y posteriormente se evaporan y se secan a una temperatura determinada. (Mejía y Pérez, 2016).

Densidad

La densidad real es una medida que toma en cuenta únicamente los sólidos, sin incluir los espacios vacíos internos o las áreas intersticiales. Una vez que se determina, este valor puede considerarse constante para un material determinado. Para calcular el volumen, se puede sumergir una masa conocida del material en un recipiente con un volumen conocido de un líquido que lo humedece. (Jiménez y Padilla, 2012).

Biocarbón

El biochar (biocarbón) se genera a través de la transformación de biomasa mediante combustión incompleta o pirólisis parcial, a temperaturas que oscilan entre 350 y 650 °C. El proceso produce un material rico en carbono y cenizas que se puede reincorporar al suelo para mejorar su calidad. En la actualidad, la aplicación de biochar en la agricultura se ha vuelto relevante como método para reciclar nutrientes y administrar ecosistemas agrícolas, contribuyendo así a mitigar la pérdida de tierras forestales y agrícolas, al tiempo que mejora su fertilidad y previene su degradación. (Iglesias et al., 2020).

Zinc

El zinc, con número atómico 30 y símbolo Zn, es un elemento químico que se encuentra en abundancia en la corteza terrestre, este metal de color blanco brillante se encuentra en formas como silicato, sulfuro o carbonato. Se emplea en la creación de aleaciones (como el latón), para galvanizar acero y hierro protegiéndolos de la corrosión, y en la fabricación de pilas eléctricas, entre otros usos. Es importante mencionar que el zinc es un elemento esencial para los seres humanos, ya que diversas enzimas lo utilizan en el metabolismo de proteínas y ácidos nucleicos. (Pérez y Gardey, 2023)

Plomo

El plomo es un elemento químico identificado por el símbolo Pb, que proviene del término latino "plumbum", y posee un número atómico de 82 en la tabla periódica. Este metal es notable por su gran flexibilidad y reactividad química, lo que lo convierte en un material de amplio uso en diversas

industrias. En su forma habitual, el plomo se presenta como un metal sólido, pesado, denso y de color gris azulado. Posee varios isótopos, tanto estables como radiactivos, y es conocido por su alta toxicidad. (Ondarse, 2021).

Turbidez

La turbidez del agua es un parámetro crucial en la evaluación de su calidad para el consumo humano. Además de su impacto estético negativo, el agua turbia indica un mayor riesgo de contaminación por microorganismos y sustancias tóxicas, que se adhieren a las partículas suspendidas. Esto dificulta aún más el proceso de desinfección del agua, lo que puede comprometer su seguridad para el consumo. (Baños, 2018).

2.4. HIPÓTESIS

General

Ha. - El uso del BIOCAR es efectivo en la remoción de Plomo y Zinc de las aguas contaminadas a nivel de laboratorio.

Ho. - El uso del BIOCAR no es efectivo en la remoción de Plomo y Zinc de las aguas contaminadas a nivel de laboratorio.

Específicas

H1. - La capacidad del filtro de absorber Plomo del agua es función de su área de filtración y altura del lecho filtrante.

Ho1. - La capacidad del filtro de absorber Plomo del agua no es función de su área de filtración y altura del lecho filtrante.

H2. - El filtro de biocarbón adsorbe eficazmente el Plomo de las aguas contaminadas.

Ho2. - El filtro de biocarbón no adsorbe eficazmente el Plomo de las aguas contaminadas.

H3. - El filtro de biocarbón adsorbe eficazmente el Zinc de aguas contaminadas.

Ho3. - El filtro de biocarbón no adsorbe eficazmente el Zinc de aguas contaminadas.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE

1) Concentraciones de biocarbón

Dimensiones: 0,5 kg; 1.0 kg, 1.5 kg

2) concentraciones de plomo y zinc en el agua cruda

Dimensiones: 1 ppm, 3 ppm, 5 ppm, 10 ppm

3) Parámetro físicos adicionales del agua a tratar: pH, conductividad, temperatura

2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

Concentraciones de metales en el agua filtrada con BIOCAR

Dimensiones: concentración de plomo

Concentración de zinc

Turbidez

pH

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

EFFECTO DEL BIOCARBÓN BIOCAR DE CARBOTECHNIA COMO LECHO FILTRANTE EN LA REMOCIÓN DE PLOMO Y ZINC
DE AGUAS CONTAMINADAS A NIVEL DE LABORATORIO

Variable dependiente	Indicadores	Valor final	Tipo De Variable
Efecto de biocarbón	Materia Orgánica	Mg/l	Nominal Continua
	pH	°C	
	Temperatura	Mg/l	
	Relación Carbono/ nitrógeno.	Mg/l	
	Fosforo y Potasio	Mg/l	
Variable independiente	Indicador	Unidad de medición	Tipo De Variable
Concentraciones de metales en el agua filtrada con BIOCAR	Conductividad	mg/L	Numérica Continua
	Temperatura	mg/L	
	Plomo	mg/L	
	Zinc	mg/L	
		mg/L	

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El estudio actual se clasifica como un estudio con intervención, ya que busca modificar los valores de la variable evaluativa mediante la intervención de una variable de calibración. Desde el punto de vista del análisis de variables, es un estudio analítico. En cuanto a la planificación de las mediciones, se trata de un estudio prospectivo, ya que se recopilarán diversas variables y mediciones. Además, debido a que se realizarán al menos dos mediciones de la variable de estudio, el estudio también se considera longitudinal. (Supo y Zacarías, 2020).

3.1.1. ENFOQUE

El estudio actual adopta un enfoque cuantitativo, ya que utiliza la estadística como herramienta principal para analizar los datos recopilados. Asimismo, analiza la realidad de manera objetiva, en función a procesos secuenciales y deductivos, para la obtención de resultados, con la predicción y precisión de datos. (Supo y Zacarías, 2020).

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

La presente investigación es aplicada, también llamada constructiva o utilitaria, tiene la particularidad de la aplicación en una realidad concreta los conocimientos teóricos ya adquiridos. La investigación aplicada tiene la intención de adquirir conocimiento para hacer, construir, actuar o modificar una realidad (Sánchez y Reyes, 2002).

3.1.3. DISEÑO

El diseño de este estudio es de carácter experimental y se considera a los experimentos como estudios de intervención, dado que un investigador establece una situación específica para observar su impacto en los participantes en comparación con aquellos que no están

involucrados. Es posible llevar a cabo experimentos con seres humanos, organismos vivos y determinados objetos. En estos experimentos, se modifican tratamientos, estímulos, influencias o intervenciones (llamadas variables independientes) para analizar su impacto en otras variables (las dependientes) dentro de un ambiente controlado. (Hernández et al., 2014).

El siguiente esquema ilustra el diseño del estudio:

GE1: O1--- X1 --- O2

GE1, 2,3: Grupo de estudio

O1: Observación y muestreo pre test

X 1: Intervención con 1.0 BIOCAR

O2: Observación y muestreo post test

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

POBLACIÓN

La población de presente estudio las constituyen las aguas contaminadas por metales pesados del río de cerro de Pasco, departamento de Pasco. Sin embargo, se trabajará a nivel de laboratorio en Huánuco.

Para el presente trabajo de investigación se utilizó un área de 70 m² de terreno, ubicado en el Jirón Leoncio Prado #1536; con las coordenadas UTM. 363893.801 E, 8902815.571 N.

Tabla 5

Localización

Coordenadas UTM	
Este	Norte
363893.801	8902815.571

MUESTRA

La muestra del presente estudio está comprendida por la cantidad 30 mililitros de agua contaminada el muestreo será de manera aleatoria.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Tabla 6

Técnicas e instrumentos

Variables	Indicadores	Técnica	Instrumento
Efecto de biocarbón	• Materia Orgánica • Humedad • pH • Temperatura • Relación Carbono/ nitrógeno. • Fosforo y Potasio		
Concentraciones de metales en el agua filtrada con BIOCAR	• Conductividad • Temperatura • Plomo • Zinc	Observación	• pH-metro • pH-metro • Espectrofotometría • Fotómetro

Protocolo de recolección de datos

En este protocolo se presentan los requisitos necesarios para llevar a cabo la toma de muestras de agua contaminada con metales. Serán evaluados sus parámetros físicos y químicos, para poder determinar la concentración de metales del agua.

Materiales, equipos y procedimiento en la toma de muestra y monitoreo:

Para la ejecución del muestreo y monitoreo los materiales y equipos utilizados:

- Balde con tapa (10 unidades)
- Costales grandes (4 unidades)
- Tinas (3 unidades)
- Plástico (5 metros)
- Bolsas herméticas de 1(3 unidades)
- Etiquetas de rotulado
- Plumón indeleble
- Libreta de campo
- Termómetro
- GPS
- Cámara fotográfica
- PH
- Multiparámetro
- 20 caños de ½
- 2 tubos de 3 pulgadas
- 10 tapones

Equipo de Protección Personal (EPP):

- Guardapolvo
- Guantes descartables
- Mascarilla
- Gafas protectoras
- Botas de jebe

Primera Etapa:

Recolección de las aguas contaminadas por metales en los ríos de Cerro de Pasco, capital del distrito de Chaupimarca, así como de la provincia y el departamento de Pasco. Se encuentra ubicada en la meseta del Bombón, en el altiplano de la cordillera de los Andes, en el centro del Perú. Esta ciudad está situada a una altitud considerable, siendo una de las más altas del país.

Compra del biocarbón, se precisa que nos venderán un buen material de una empresa dedicada al rubro, buscando la garantía necesaria.

La Preparación de materiales y equipo de protección de una manera efectiva, debe prepararse con anticipación los materiales de trabajo, formatos (fichas de campo, cadenas de custodia, etiqueta de rotulado). Además, será necesario disponer de todos los materiales y equipos en condiciones operativas y calibradas.

La muestra se recogerá utilizando la ropa y el equipo de protección personal (EPP) adecuados para realizar la actividad de manera segura. Esto incluye el uso de un guardapolvo, guantes descartables, mascarilla, gafas protectoras y botas de jebe, con el fin de prevenir daños tanto personales como a materiales y equipos durante el proceso. (ANA, 2016).

Para tomar una muestra, se debe agarrar el recipiente, quitar la tapa y la contratapa sin hacer contacto con la superficie interna del frasco. Y antes de coleccionar las muestras, el frasco debe ser enjuagar como mínimo dos veces.

Para el recojo de muestra se debe agarrar el recipiente, como indique el especialista del laboratorio.

Los 30 litros de agua contaminada con metales. Se llevará al Jirón Leoncio Prado #1536, en el cual con la ayuda de un peón se trasladarán hasta el último piso (azotea).

Segunda Etapa:

Se procederá a la elaboración del bio carbón en un espacio donde menos llegue el sol y la lluvia; en el cual se realizará 3 tratamientos:

Tabla 7

Tratamientos con biocarbón

CLAVE	TRATAMIENTOS	DESCRIPCIÓN	TIEMPO
01	T1(X1)	1.0 KG BIOCAR	1 hora
02	T2(X1)	1.0 KG BIOCAR	2 horas
03	T3(X1)	1.0 KG BIOCAR	3 horas
04	T4(X1)	1.0 KG BIOCAR	4 horas
05	T5(X1)	1.0 KG BIOCAR	5 horas
06	T6(X1)	1.0 KG BIOCAR	6 horas

Cada uno de los tratamientos será con un recipiente con una salida con un caño de media pulgada, para controlar el flujo y se llevará un control, monitoreo de parámetros como son el plomo y zinc.

Tercera Etapa:

Después de los dos días, al agua se tomará los parámetros antes que se procederá a sacar una muestra de cada balde de tratamiento. Antes de extraer las muestras, es necesario protegerlas del viento, el sol y la lluvia, ya que estos factores podrían modificar las características del agua.

La cantidad aproximada de extraer de cada muestra será 4 litros de agua, en una botella de plástico, sellándola.

Resultados:

Las 6 muestras se enviarán al laboratorio para evaluar la calidad de agua que resulto. Es necesario evitar la exposición directa de las muestras al sol u otras fuentes de calor durante el transporte, que debe ser lo más breve posible.

3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE LA INFORMACION

Tabla 8

Técnicas de procesamiento de datos

Etapa	Técnica
	Recolección
Procesamiento	Ordenamiento y Codificación de datos.
	Sistema de datos (presentación de tablas y gráficos)
Análisis	MS Excel.
	Redacción Científica.

El Análisis de los datos se realizará de la mano con tablas, gráficos, generación de datos estadísticos, checklist; todo en conjunto con el MS Excel.

Como prueba estadística en este proyecto se utilizará el análisis de varianza unidireccional (ANOVA) se utiliza para evaluar si existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias de tres o más grupos.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos del experimento para evaluar el efecto del biocarbón BIOCAR de Carbotecnia como lecho filtrante en la remoción de plomo y zinc de aguas contaminadas a nivel de laboratorio. Los datos obtenidos se han organizado y analizado para determinar la eficacia del material en la reducción de los contaminantes mencionados.

A continuación, se detallan los resultados obtenidos durante el experimento:

Concentración de Plomo (mg Pb/L)

La concentración inicial de plomo en el agua contaminada era de 6.34 mg/L. En las muestras sucesivas, la concentración de plomo fue menor a 0.01 mg/L, lo cual indica una remoción efectiva de este metal pesado a lo largo del tiempo de exposición al biocarbón. Esto sugiere que el biocarbón BIOCAR tiene una alta capacidad de adsorción para el plomo en las condiciones experimentales.

Tabla 9

Niveles de plomo

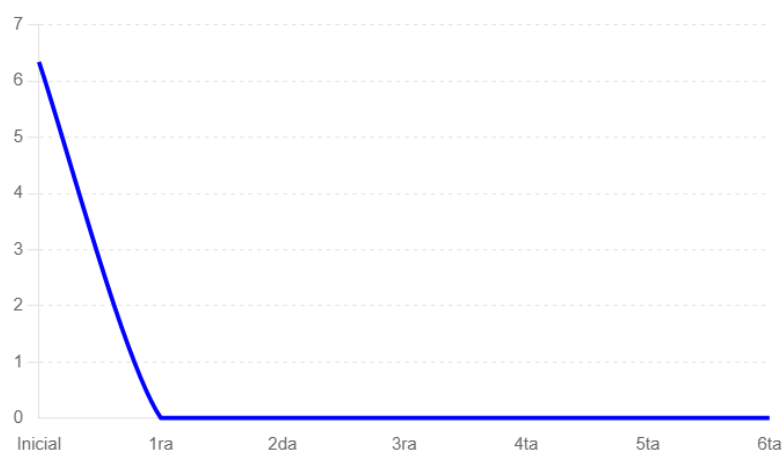
Muestra	Plomo (mg Pb/L)
<i>Muestra Inicial</i>	6.34
<i>1ra Muestra</i>	<0.01
<i>2da Muestra</i>	<0.01
<i>3ra Muestra</i>	<0.01
<i>4ta Muestra</i>	<0.01
<i>5ta Muestra</i>	<0.01
<i>6ta Muestra</i>	<0.01

Nota. La tabla muestra el valor del plomo inicial y después de los tratamientos con biocarbón, se puede observar que el valor en todas las muestras estuvo por debajo del <0.01, estando por debajo del valor establecido en la ECA de agua, categoría 3 que indica 0,05 mg/L.

En la tabla 9 se describe la concentración de plomo detectado en cada muestra observándose que no existen cambios significativos entre ellas, ya que en todas las muestras la concentración estuvo por debajo de <0.01 (mg Pb/L).

Figura 5

Representación gráfica de los niveles de plomo en las muestras



Nota. En la figura se puede observar de forma gráfica como la concentración de plomo disminuyó significativamente después el tratamiento con BIOCAR estando por debajo del <0.01 en todos los tratamientos.

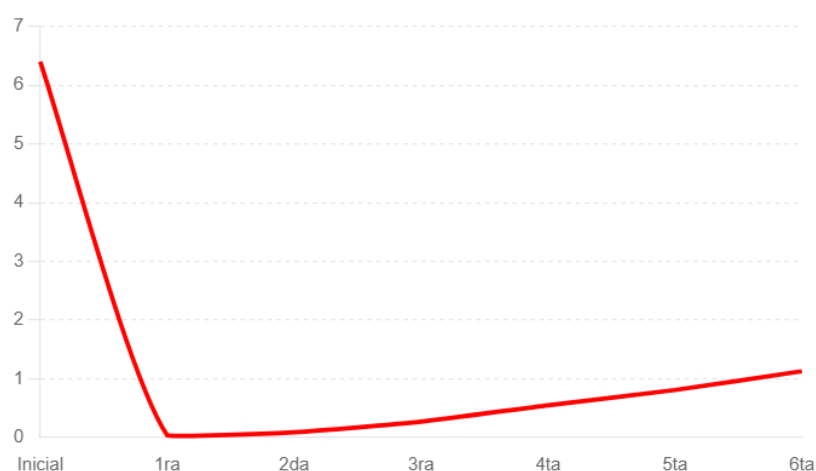
Concentración de Zinc (mg Zn/L)

La concentración inicial de zinc en el agua contaminada era de 6.4 mg/L. A lo largo de las muestras, se observó una reducción progresiva de la concentración de zinc, con valores que van desde 0.04 mg/L en la primera muestra hasta 1.13 mg/L en la última muestra. Este patrón sugiere que el biocarbón también es eficaz en la remoción de zinc, aunque no tan eficientemente como para el plomo.

Tabla 10*Niveles de Zinc*

Muestra	Zinc (mg Zn/L)
<i>Muestra Inicial</i>	6.4
<i>1ra Muestra</i>	0.04
<i>2da Muestra</i>	0.09
<i>3ra Muestra</i>	0.27
<i>4ta Muestra</i>	0.55
<i>5ta Muestra</i>	0.81
<i>6ta Muestra</i>	1.13

Nota. La tabla muestra el valor del plomo inicial y después de los tratamientos con biocarbón, se puede observar que el valor más bajo es el de la primera muestra con 0.04, estando por debajo del valor establecido en la ECA de agua, categoría 3 que indica que la concentración debe ser igual o menos a 2 mg/L.

Figura 6*Representación gráfica de los niveles de zinc en las muestras*

Nota. En la figura se puede observar de forma gráfica como la concentración de zinc disminuyó significativamente después el tratamiento con BIOCAR siendo el valor más bajo el de la muestra 1 con 0.04.

Conductividad y Temperatura

La conductividad y la temperatura se mantuvieron relativamente constantes a lo largo del experimento. La conductividad inicial fue de 579 μ S, con un aumento máximo de hasta 664 μ S en la primera muestra y una disminución gradual en las muestras posteriores. La temperatura fluctuó

ligeramente entre 22.8 °C y 23.5 °C, lo cual sugiere que las condiciones del experimento fueron controladas de manera consistente.

Tabla 11

Valores de temperatura y conductividad de las muestras

Muestra	Conductividad (μS)	Temperatura (°C)
<i>Muestra Inicial</i>	579	23.3
<i>1ra Muestra</i>	664	22.8
<i>2da Muestra</i>	629	23.2
<i>3ra Muestra</i>	577	23.5
<i>4ta Muestra</i>	570	23.3
<i>5ta Muestra</i>	619	23.3
<i>6ta Muestra</i>	606	23.3

Nota. La tabla muestra la variación de la conductividad y temperatura en las muestras, siendo el valor de esta última dentro del rango permitido y de la conductividad el valor más bajo de la muestra 1 con 579 μS. Estando por debajo del valor establecido en la ECA de agua, categoría 3 que indica que la conductividad debe ser igual o menos a 2 500 μS y la temperatura Δ 3.

4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

Resultados Estadísticos

Estadísticas de grupo

	Condiciones de la		Desv.	Desv.	Error
Muestra	N	Media	Desviación	promedio	
Plomo (mg Pb/L)	1	6,3400	.	.	
2	6	,0100	,00000	,00000	
Zinc (mg Zn/L)	1	6,4000	.	.	
2	6	,4817	,43037	,17570	

Hipótesis General

Ha: El uso del BIOCAR es efectivo en la remoción de Plomo y Zinc de las aguas contaminadas a nivel de laboratorio.

Ho: El uso del BIOCAR no es efectivo en la remoción de Plomo y Zinc de las aguas contaminadas a nivel de laboratorio.

Prueba t para Plomo (mg Pb/L):

- **Se asumen varianzas iguales:**
 - **t(5) = ., p = .:** No se proporciona el valor de t ni el valor de p en la tabla, pero la diferencia de medias es 6.33000 con un intervalo de confianza de [6.33000, 6.33000], lo que sugiere una remoción efectiva de plomo.
- **No se asumen varianzas iguales:** Los resultados son los mismos que cuando se asumen varianzas iguales.

Prueba t para Zinc (mg Zn/L):

- **Se asumen varianzas iguales:**
 - **t(5) = 12.732, p = 0.000:** Dado que $p < 0.05$, rechazamos la hipótesis nula (H_0). Esto sugiere que el uso del BIOCAR es efectivo en la remoción de zinc de las aguas contaminadas a nivel de laboratorio.
 - **Intervalo de confianza 95%:** [4.72340, 7.11327] confirma que la diferencia de medias es significativa y positiva.

Hipótesis Específicas

H1: La capacidad del filtro de absorber Plomo del agua es función de su área de filtración y altura del lecho filtrante.

Para probar esta hipótesis, se requiere un análisis de regresión múltiple que considere la relación entre la capacidad de absorción de plomo y las variables del área de filtración y la altura del lecho filtrante.

H2: El filtro de biocarbón adsorbe eficazmente el Plomo de las aguas contaminadas.

Ho2: El filtro de biocarbón no adsorbe eficazmente el Plomo de las aguas contaminadas.

Prueba t para Plomo (mg Pb/L):

- **Se asumen varianzas iguales:**
 - **t(5) = p:** No se proporciona el valor de t ni el valor de p en la tabla, pero la diferencia de medias es 6.33000 con un intervalo de confianza de [6.33000, 6.33000], lo que sugiere una remoción efectiva de plomo.

Basado en estos resultados, podemos rechazar Ho2 y aceptar H2, sugiriendo que el filtro de biocarbón es efectivo en la adsorción de plomo.

H3: El filtro de biocarbón adsorbe eficazmente el Zinc de aguas contaminadas.

Ho3: El filtro de biocarbón no adsorbe eficazmente el Zinc de aguas contaminadas.

Prueba t para Zinc (mg Zn/L):

- **Se asumen varianzas iguales:**
 - **t(5) = 12.732, p = 0.000:** Dado que $p < 0.05$, rechazamos la hipótesis nula (Ho3). Esto sugiere que el uso del BIOCAR es efectivo en la remoción de zinc de las aguas contaminadas a nivel de laboratorio.
 - **Intervalo de confianza 95%:** [4.72340, 7.11327] confirma que la diferencia de medias es significativa y positiva.

Basado en la prueba t y el valor p, podemos rechazar Ho3 y aceptar H3, indicando que el filtro de biocarbón es efectivo en la adsorción de zinc.

Prueba de muestras independientes

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	l	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Plomo (mg Pb/L)	Se asumen varianzas iguales	.	.	.		.	6,33000	0,00000	6,33000	6,33000
	No se asumen varianzas iguales			.		.	6,33000	.	.	.
Zinc (mg Zn/L)	Se asumen varianzas iguales	.	.	2,732		0,000	5,91833	0,46485	4,72340	7,11327
	No se asumen varianzas iguales			.		.	5,91833	.	.	.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados indican que el biocarbón BIOCAR de Carbotecnia es altamente eficaz en la remoción de plomo del agua contaminada, reduciendo su concentración a niveles indetectables (<0.01 mg/L) en todas las muestras sucesivas. La remoción de zinc también fue significativa, aunque no tan completa como la del plomo, lo cual puede deberse a diferencias en las propiedades químicas y de adsorción de los dos metales.

La estabilidad de la conductividad y la temperatura sugiere que las condiciones experimentales fueron constantes, y que los cambios en las concentraciones de los metales pesados se deben principalmente a la interacción con el material filtrante.

Calderon (2019) en su tesis: Remoción de arsénico mediante el uso del biofiltro de carbón activado a base de cáscara de manzana para el tratamiento de aguas subterráneas empleadas para el consumo humano de la comunidad campesina San Marcos señala que el biofiltro de carbón es eficiente ,ya que luego de aplicar el producto los niveles de arsénico estaban por debajo de 0.01 mg/L además cumpliendo lo establecido con los LMP en comparación a los resultados del tesista, si bien es cierto se buscó la remoción de plomo, también se logró reduciendo su concentración a niveles indetectables (<0.01 mg/L).

Torres y Zamudio (2017) en su investigación: Evaluación de adsorción de Pb (II) en biocarbones obtenidos a partir de cuesco de la palma de aceite y su aplicación para remediación de aguas contaminadas, demostró que el biocarbón a base de cuesco de palma logro la remoción de un promedio de 26.3% del plomo, presente en una concentración de 11.80 mg de Pb (II) / L en las aguas contaminadas, la cual está relacionada a los resultados por el tesista se logró visualizar la reducción de plomo fue casi al 100% del agua contaminada siendo los niveles de concentración por debajo de (<0.01 mg/L). En ambos estudios se logró la remoción, pero el biocarbón de biotecnia logro un mejor resultado.

En la investigación titulada: Remoción de plomo presente en soluciones acuosas utilizando biocarbón producido a base de coronta de maíz, se buscó la remoción de plomo usando biocarbón a partir de residuos de coronta de maíz, después de realizar la experimentación se demostró que la capacidad de adsorción máxima de 10,54 mg/g en comparación a los resultados obtenidos por el tesista se logró la reducción de plomo fue casi al 100% del agua contaminada siendo los niveles de concentración por debajo de (<0.01 mg/L). En ambos estudios se logró la remoción, pero el biocarbón de biotecnología logro un mejor resultado (Gonzaga et al., 2021).

Como podemos ver, los resultados obtenidos en la presente investigación fueron efectivos, se logró la reducción de ambos metales plomo y zinc en gran concentración, comparando con otros resultados de otros estudios se puede llegar a la conclusión que la investigación logro su objetivo logrando resultados superiores a otros estudios.

CONCLUSIONES

La investigación sobre efecto del biocarbón BIOCAR de carbotecnia como lecho filtrante en el ámbito de laboratorio, el biocarbón BIOCAR ha mostrado resultados destacados y prometedores en la eliminación de plomo y zinc de aguas contaminadas. Se ha establecido que el biocarbón es un material eficaz para remover estos metales pesados en entornos controlados.

El efecto del biocarbón BIOCAR de carbotecnia como lecho filtrante en la remoción de Plomo y Zinc fue eficiente, con respecto al plomo la reducción de la concentración fue a niveles indetectables en las 6 muestras (<0.01 mg/L), con respecto al zinc la remoción también fue significativa, aunque no tan completa como la del plomo, los valores de la primera, segunda, tercera, cuarta, quinta y sexta muestra fueron 0.04 mg/L, 0.09 mg/L, 0.27 mg/L, 0.55 mg/L, 0.81 mg/L, y 1.13 mg/L respectivamente siendo la concentración más baja en la muestra 1 con 0.04 mg/L.

El diseño del lecho filtrante fue básico, la altura del lecho fue de: 15 cm x 15 cm x 50 cm de alto, estuvo compuesta por 5 cm de piedra gruesa, 5 cm de arena fina y aproximadamente 10 cm de biocarbón, lo que equivale a 1 kg de biocarbón, en la parte superior ingreso el agua cruda y en la parte baja una capa para que pase el agua ya tratada con un caño de salida, para tomar las muestras en los tiempos establecidos.

Los parámetros físicoquímicos iniciales del agua contaminada, evaluados fueron los parámetros de temperatura con un valor de 23.3°C y la conductividad con un valor de $579\ \mu\text{S}$.

La capacidad de adsorción del biocarbón BIOCAR para el plomo es muy alta, ya que se logró la reducción de su concentración a niveles indetectables (<0.01 mg/L) en todas las muestras sucesivas, estando por debajo de los límites máximos permitidos (LMP) para el vertido de aguas residuales provenientes de actividades minero-metalúrgicas.

La capacidad de adsorción del biocarbón BIOCAR para el zinc también fue significativa, aunque no tan completa como la del plomo. Se realizó 6 muestras los valores de la primera a la sexta muestra fueron 0.04 mg/L, 0.09

mg/L, 0.27 mg/L, 0.55 mg/L, 0.81 mg/L, y 1.13 mg/L respectivamente, la muestra N° 1 fue la que demostró una concentración más baja con 0.04 mg/L.

Finalmente, los hallazgos de esta investigación han abierto la puerta a futuras investigaciones. Existen oportunidades para explorar métodos para reducción de otros metales y usando alguna materia prima y mejorar la eficiencia de la capacidad de absorción del biocarbón. Estas mejoras podrían aumentar la efectividad del biocarbón.

RECOMENDACIONES

Basándonos en los resultados de la caracterización inicial del agua, se recomienda lo siguiente: que antes de eliminar los efluentes contaminados hacia los cuerpos de agua las mineras cumplan con lo establecido en los Límites máximos permisibles (LMP) para la descarga de aguas residuales provenientes de actividades minero-metalúrgicas.

Se recomienda realizar una activación térmica del biocarbón, con el objetivo de evaluar cómo inciden los parámetros operacionales seleccionados durante la remoción de plomo por adsorción usando carbón activado químicamente.

Se sugiere aplicar un tratamiento preliminar al agua cruda antes de que entre en los biofiltros de carbón activado. Esto se hace para eliminar partículas que disminuyen la vida útil del carbón activado, lo que a su vez mejora la eficiencia en la remoción de plomo. Este tratamiento previo podría consistir en oxidación o floculación, seguido de un filtrado lento a través de arena y grava con el fin de mitigar el impacto del efluente hacia el medio ambiente.

Es esencial continuar realizando pruebas regulares para monitorear los niveles de metales pesados y la presencia de microorganismos en los efluentes antes de ser eliminados. Esto ayudará a garantizar la calidad y seguridad de los cuerpos de agua naturales.

Se recomienda llevar a cabo más investigaciones para explorar métodos que puedan minimizar la concentración de plomo y zinc. Esto puede incluir la realización de estudios piloto para probar nuevas técnicas o la colaboración con instituciones de investigación para desarrollar soluciones innovadoras.

Finalmente, se sugiere compartir los hallazgos de esta investigación con la comunidad científica e industrias mineras. Esto puede ayudar a promover la adopción de métodos sostenibles del cuidado del medio ambiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA (2016); Protocolo Nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales. <https://n9.cl/y36nk>.
- Ballares, A. (2020). Absorción de mercurio en aguas contaminadas mediante biocarbón de madera y pvc, bajo el paradigma de la economía circular [Trabajo de grado para obtener el título de administrador ambiental, Universidad tecnológica de Pereira]. <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/5071346a-cc4d-4a0d-9a9e-0137d850328f/content>
- Bellido L. (2018); Propiedades mecánicas del concreto ligero con incorporación de virutas de madera. <https://n9.cl/i3py>.
- Cao, X., Ma, L., Gao, G., & Harris., W. (2009). Dairy-Manure Derived Biochar Effectively Sorbs Lead and Atrazine. *Environ. Sci. Technol.* 43, 3285-3291.
- Carrera, L. (2020). Aplicación del biocarbón de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en el tratamiento de aguas contaminadas con nitratos: Revisión Sistemática [Tesis para obtener el título profesional de Ingeniera Ambiental, Universidad Cesar Vallejo]. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/66678/Carrera_CLA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Calderon, H. (2019). Remoción de arsénico mediante el uso del biofiltro de carbón activado a base de cáscara de manzana para el tratamiento de aguas subterráneas empleadas para el consumo humano de la comunidad campesina San Marcos de la Aguada, Mala, Lima 2019 [Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Ambiental, Universidad de Huánuco]
- Castañeda H., Escalante M. (2020); Aprovechamiento del aserrín para la fabricación de ladrillos ecológicos, y lograr su próxima aplicación en el Perú. <https://n9.cl/2sgzm>.
- Chuquimboques, J., Vergara, J., & Mendoza, J. (2019). Optimización de la remoción simultánea de nitrato, nitrito, amonio y fosfato de aguas

residuales munhttp://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810-634X2019000100009&script=sci_arttexticipales. Revista de la Sociedad Química del Perú, 85(1), 85-96.

Credo K. (2019); Microorganismos degradadores del aserrín de *Calycophyllum Spruceanum* (Bent.) Hook y *Guazuma Crinita* C.Martius. a diferentes niveles de humedad en condiciones naturales. <https://n9.cl/oqgoj>.

Decreto Supremo N° 015-2012-AG (2012); Aprueban el Reglamento Sanitario del Faenado de animales de abasto. <https://n9.cl/20tv8>.

Defensoría del Pueblo (2022). Defensoría del Pueblo pide acciones inmediatas tras derrame de relaves mineros en localidad de Huánuco. <https://www.defensoria.gob.pe/defensoria-del-pueblo-pide-acciones-inmediatas-tras-derrame-de-relaves-mineros-en-localidad-de-huanuco/>

Díaz J. (2018); Control de los parámetros de funcionamiento de la planta de tratamiento San José de los efluentes domésticos con la finalidad de optimizar su funcionamiento, en la empresa minera Pan American Silver S.A.C.-Unidad Operativa Huarón. <https://n9.cl/zrwvj>.

EOI (2008); Contaminación de las aguas, vertidos de mataderos e industrias cárnicas. <https://n9.cl/5crlv>.

Espigares M. y Pérez A. (1985); Aguas Residuales. Composición. <https://n9.cl/z6ezu>.

Escalante, A., Pérez, G., Hidalgo, C., López Collado, J., Campo, J., Valtierra, E., & Etchevers, J. (2016). Biocarbón (biochar) I: Naturaleza, historia, fabricación y uso en el suelo. *Terra Latinoamericana*, 34(3), 367-382.

Fernández, G., Milera, M., & Schmidt. (2021). Manual para la elaboración de biochar y microorganismos eficientes. Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey. https://www.researchgate.net/publication/356835765_Manual_para_la_elaboracion_de_biochar_y_microorganismos_eficientes_IHPLUSRB F#pf10

- Gonzaga, A., Rimaycuna, J., Cruz, G., Herrera, E., Gómez, M., Solis, J., & Cruz, J (2021). Remoción de plomo presente en soluciones acuosas utilizando biocarbón producido a base de coronta de maíz. *Revista de Investigación Científica Manglar*.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8104262>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación. 6ta Edición Sampieri. Soriano, RR (1991). Guía para realizar investigaciones sociales. Plaza y Valdés.
- Henao, H., Melo, A., Chica, E., & Clemente, A. (2022). Aplicación del biocarbón como tecnología alternativa a los sistemas convencionales de tratamiento de aguas contaminadas. Universidad de Antioquia.
https://www.researchgate.net/profile/Edgar-Serna-M/publication/344418700_Investigacion_formativa_en_ingenieria_4/links/5f739a03a6fdcc008648239a/Investigacion-formativa-en-ingenieria-4.pdf
- Iglesias, S., Alvarez, M., Vázquez, J., & Salas, C. (2020). Biochar de biomasa residual de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) mediante dos métodos de pirólisis. *Manglar*, 17(2), 105-111.
- Jiménez M. y Padilla G. (2012); Evaluación del potencial de adsorción del aserrín para remover aceites pesados en cuerpos de agua a escala laboratorio.
<https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/84/Evaluacion%20del%20potencial.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Khan Academy (2018); Fermentación y respiración anaeróbica.
<https://es.khanacademy.org/science/ap-biology/cellular-energetics/cellular-respiration-ap/a/fermentation-and-anaerobic-respiration>.
- Maldonado M. (2006); Determinación de la composición química de la madera de Pino Candelillo (*Pinus Maximinoi* H. E. Moore) procedente de la finca Río Frío, Tactic, Alta Verapaz.
http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0992_Q.pdf.

- Mejía F. y Pérez K. (2016); Eficiencia del tratamiento de aguas residuales domésticas mediante un biodigestor prefabricado en la subestación Eléctrica Cotaruse - Apurímac. <https://n9.cl/p9u70>.
- Muñoz D. (2005); Sistema de tratamiento de aguas Residuales de matadero: para una población menor 2000 habitantes. <https://n9.cl/5z61y>.
- Moreno, A., Nope, E., Sánchez, E., González., & Díaz, A. (2018). Determinación de la eficiencia del biochar a base de cascarillas de maní, para la adsorción de cromo presente en el agua que entra al humedal Jaboque, como un aporte para su descontaminación. Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería. <https://acofipapers.org/index.php/eiei/article/view/677/682>
- Orihuela, R. (2021). Ríos muertos - Cicatrices de la minería en el sur del Perú. <https://www.connectas.org/especiales/contaminacion-minera-rios-peru/>
- Ondarse, R. (2023). Plomo. Product Manager de Fotometría-Turbidez de HANNA INSTRUMENTS. <https://higieneambiental.com/aire-agua-y-legionella/que-nos-dice-la-turbidez-sobre-la-calidad-del-agua-potable>
- Parent, S. (2022). Biocarbón: ¿Es un componente potencial para sustrato de cultivo? PROMIX. <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/biocarbón-es-un-componente-potencial-para-sustrato-de-cultivo/>
- Paitan M. y Sifuentes G. (2018); Remoción de contaminantes de aguas residuales de un matadero de equinos por el método de electrocoagulación a nivel de laboratorio. <https://n9.cl/jtkxv>.
- Pedraza, J., & Aceves, M. (2011). Detección de metales pesados en agua. Instituto Nacional De Astrofísica, Óptica Y Electrónica. <https://inaoe.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1009/671/1/ChavezVC.pdf>
- Pérez, J & Gardey, A. (2023). Zinc - Qué es, definición y concepto. Definicion.de. <https://definicion.de/zinc/>

- Ramírez, G., & Clemente, A. (2022). Remoción de colorantes en aguas procedentes de la industria textil mediante el uso de biocarbón. Afinidad. Facultad de Ingeniería. Universidad de Antioquia
- Ramos, H. (2012). Remoción de cianuro en relaves auríferos utilizando biochar producido a partir de tallos de *Gliricidia sepium*. Universidad de Cartagena.
<https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/135/Remoci%C3%B3n%20de%20cianuro%20en%20relaves%20aur%C3%ADferos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ramírez, I., Torres, G., & Pino, M. (2021). Eficiencia del biochar obtenido a partir de residuos orgánicos municipales para la remoción de materia orgánica en aguas residuales, Chachapoyas, Amazonas, 2018. Revista Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería, 2(3), 9-16.
<http://revistas.untrm.edu.pe/index.php/CNI/article/view/598/751>
- Rodríguez H. (2017); Las aguas residuales y sus efectos contaminantes.
<https://n9.cl/mkk9>.
- Sánchez, H., y Reyes, C. (2002) Metodología y diseño de la investigación Científica. Universidad Ricardo Palma
- Supo J. y Zacarías H. (2020); Metodología de la investigación científica 2020 - 3ra Edición. <https://n9.cl/i1zaw>.
- Torres L. y Zamudio A. (2017); Evaluación de adsorción de Pb (II) en biocarbones obtenidos a partir de cuesco de la palma de aceite y su aplicación para remediación de aguas contaminadas. Universidad Jorge Tadeo Lozano.
[https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/4209/Evaluaci%C3%B3n%20de%20adsorci%C3%B3n%20de%20Pb%20\(II\)%20en%20biocarbones%20obtenidos%20a%20partir%20de%20cuesco%20de%20palma%20de%20aceite%20y%20su%20aplicaci%C3%B3n%20para%20remediaci%C3%B3n%20de%20aguas%20contaminadas.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/4209/Evaluaci%C3%B3n%20de%20adsorci%C3%B3n%20de%20Pb%20(II)%20en%20biocarbones%20obtenidos%20a%20partir%20de%20cuesco%20de%20palma%20de%20aceite%20y%20su%20aplicaci%C3%B3n%20para%20remediaci%C3%B3n%20de%20aguas%20contaminadas.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Figueredo Vega, J. (2025). *Efecto del biocarbón biocar de carbotecnia como lecho filtrante en la remoción de plomo y zinc de aguas cotaminadas a nivel de laboratorio* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

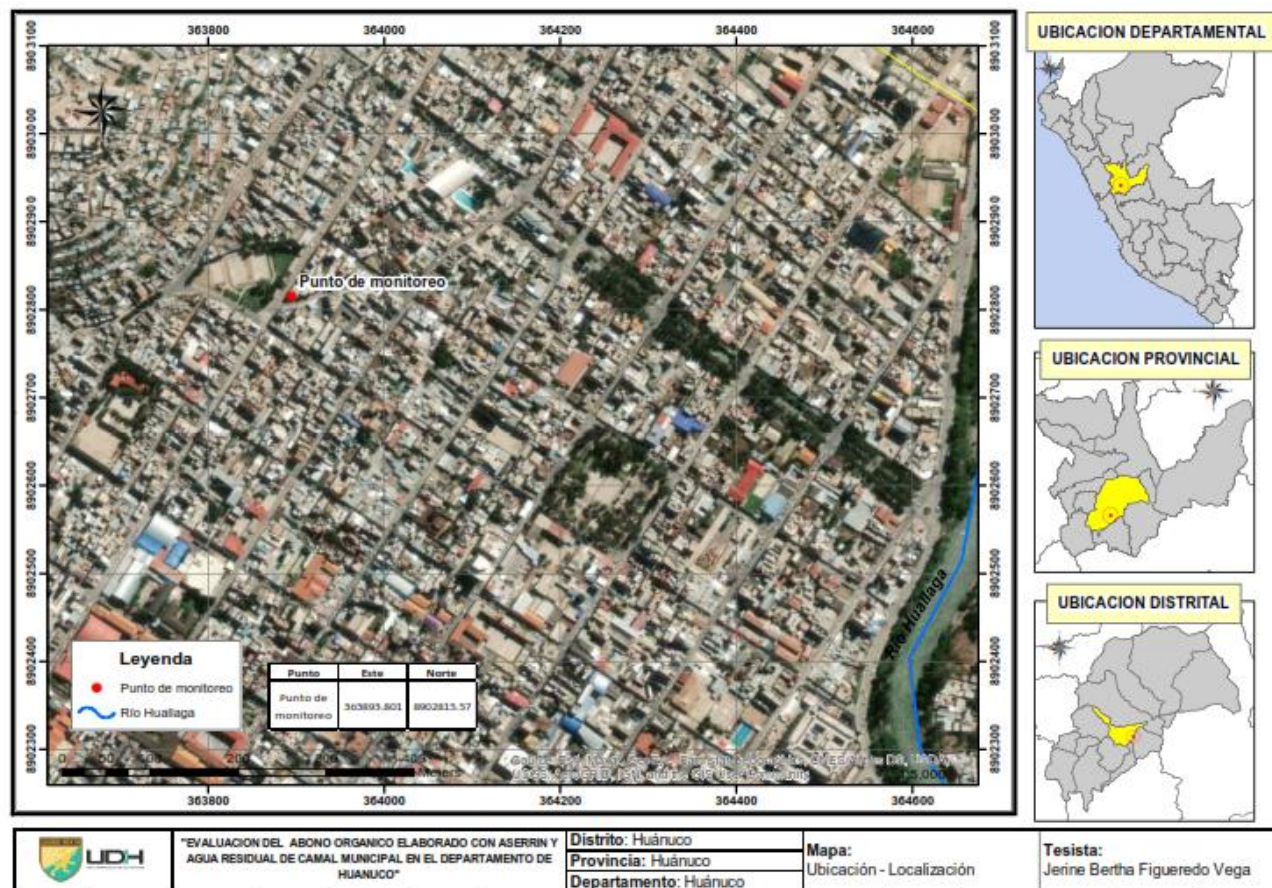
Matriz de consistencia

Problema Principal	Objetivo Principal	Hipótesis Principal	Variables	Indicadores	Método
¿Cuál es el efecto del biocarbón BIOCAR de carbotecnía como lecho filtrante en la remoción de Plomo y Zinc de aguas contaminadas a nivel de laboratorio? Problemas específicos ¿Cuál es el mejor diseño de un filtro de biocarbón de laboratorio para adsorber Plomo y Zinc de aguas contaminada? ¿Cuáles son los parámetros físicos - químicos iniciales del agua contaminada a ser tratada por la filtración? ¿Cuál es la adsorción del filtro de biocarbón para la retención de Plomo de aguas contaminadas?	Determinar el efecto del biocarbón BIOCAR de carbotecnía como lecho filtrante en la remoción de Plomo y Zinc de aguas contaminadas a nivel de laboratorio. Objetivos específicos Diseñar el filtro de laboratorio con el lecho filtrante de biocarbón (BIOCAR) que será utilizado en los ensayos de laboratorio. Determinar las características físico - químicas iniciales del agua contaminada que será tratada con el filtro de biocarbón. Determinar la adsorción de Plomo del agua contaminada por el filtro de biocarbón.	El uso del BIOCAR es efectivo en la remoción de Plomo y Zinc de aguas contaminadas a nivel de laboratorio.	Variable de dependiente: Concentraciones de biocarbón Variable independiente: Concentraciones de metales en el agua filtrada con BIOCAR	Variable de calibración: - Materia Orgánica - Humedad - pH - Temperatura - Densidad - Relación Carbono/ nitrógeno. - Fosforo y Potasio Variable de evaluación - Ph - Temperatura - Zinc - Plomo - Turbidez	Según la Intervención del Investigador: Con intervención Según el Número de Mediciones de la Variable de Estudio: Longitudinal Según el Número De Variables Analíticas: Analítico Según la Planificación: Prospectivo Enfoque: Cuantitativo Nivel: Aplicado Diseño: Experimental Población: Agua contaminada con metales pesados Muestra: 30 litros de agua contaminada por metales. Tipo de muestreo: Aleatorio

¿Cuál es la adsorción del filtro de biocarbón para la retención de Zinc de aguas contaminadas?	Determinar la adsorción de Zinc del agua contaminada por el filtro de biocarbón.
--	--

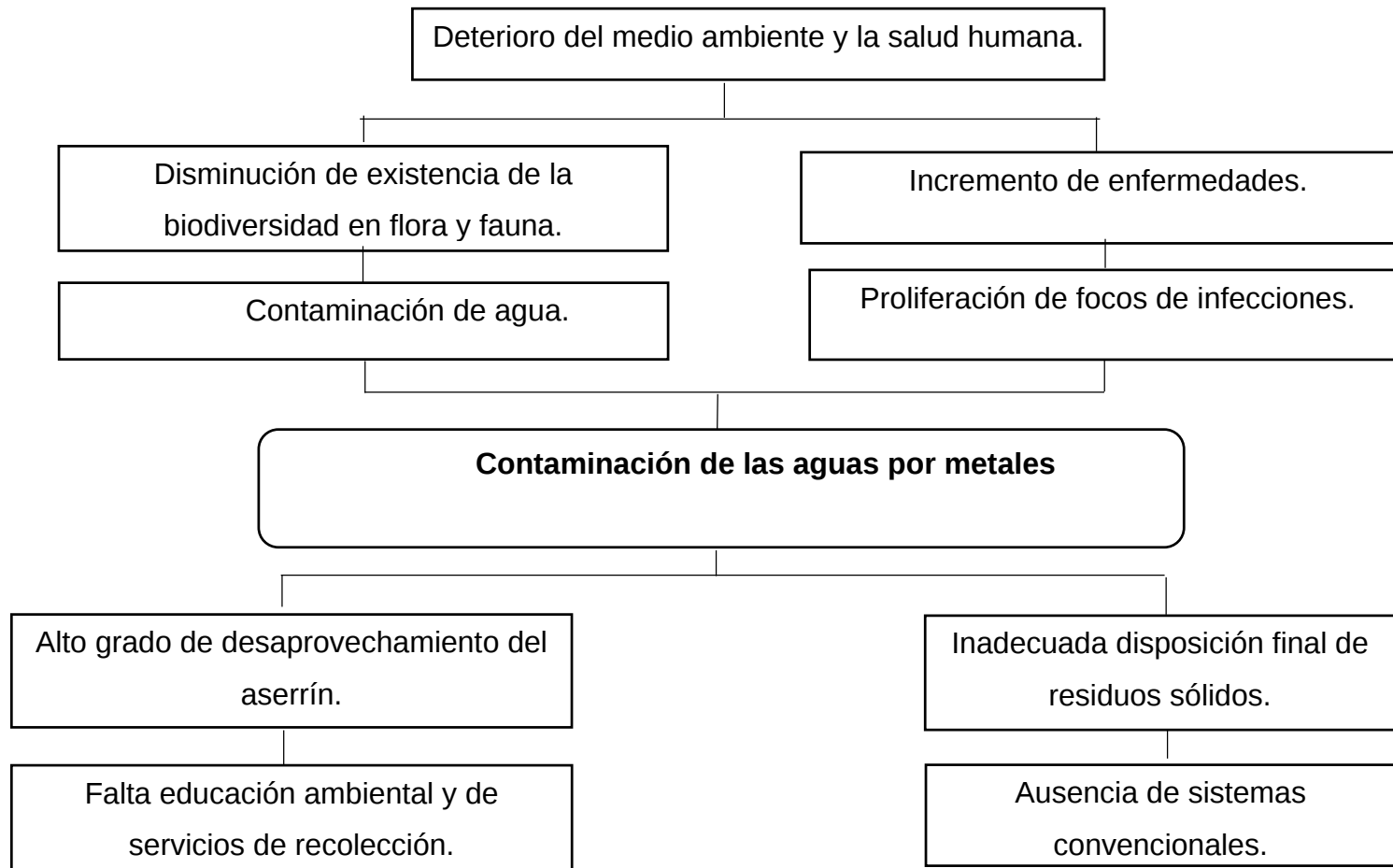
ANEXO 2

Mapa de ubicación



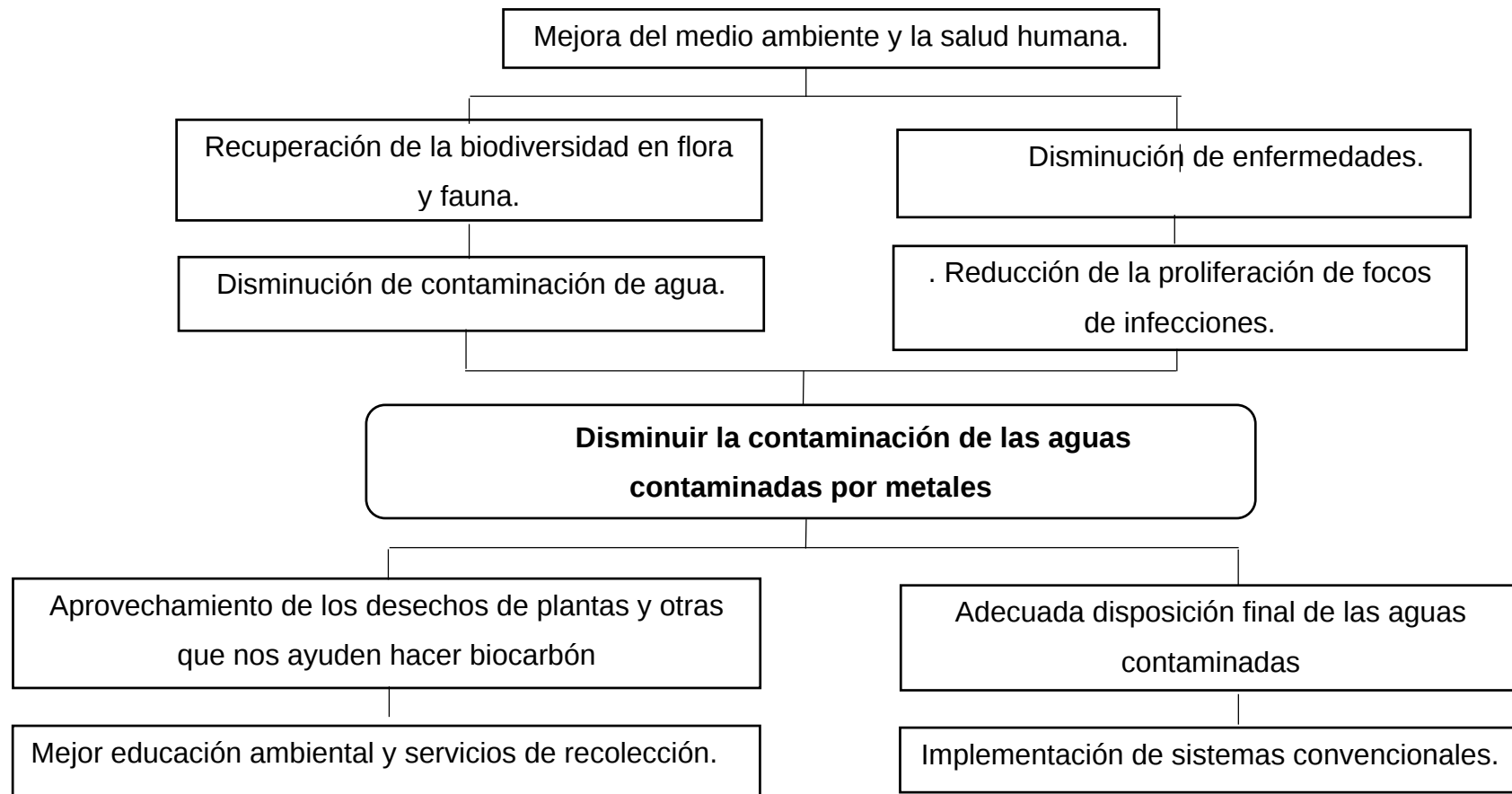
ANEXO 3

Diagrama de causas y efectos



ANEXO 4

Diagrama de medios y fines



ANEXO 5

Registros de datos de campo

FICHA DE RECOLECCIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOS - QUÍMICOS: PROYECTO EFECTO DEL BIOCARBÓN BIOCAR DE CARBOTECNIA COMO LECHO FILTRANTE EN LA REMOCIÓN DE PLOMO Y ZINC DE AGUAS CONTAMINADAS A NIVEL DE LABORATORIO

TESISTA: JERINE BERTHA FIGUEREDO VEGA

LUGAR: AREA DESIGNADA (ZONA DONDE SE ELABORARA EL ABONO ORGANICO)- UBICADA EN EL JIRON

FECHA	HORA	COORDENADAS	NÚMERO DE TRATAMIENTO	PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS RECOLECTADOS EN				SEMANA	OBSERVACIONES
				TEMPERATURA AMBIENTAL (°C)	TEMPERATURA INTERNA (°C) - INTERIOR	PH	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA		

ANEXO 6

Ficha de etiqueta de muestra

ETIQUETA PARA MUESTRA DE AGUA									
UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO									
INGENIERIA AMBIENTAL									
Código de muestra:			Fecha:			Hora:			
Muestra N°:			Número de sub-muestras:						
Lugar de muestreo:									
Muestra para:									
Responsable:									
Solicitante:						Teléfono:			
Dirección:									

ANEXO 7

Cadena de custodia

[illegible]

ANEXO 8

Ficha técnica del biocarbon (Biocar) de carbetocina

CARBÓN PARA USO AGRÍCOLA

Carbotecnia

BioCar

BioCar es un carbón de origen vegetal desarrollado a partir de la pirólisis controlada de concha de coco, para el mejoramiento de suelos utilizados para la germinación y el cultivo.

La pirólisis controlada se lleva a cabo a una temperatura máxima de 500°C, a una velocidad lenta de calentamiento, en un tiempo que garantiza un alto grado de carbonización.

BioCar es indicado para el cultivo de la mayoría de plantas. Es recomendable probarlo para cada caso. Al aplicarlo en la tierra, modifica sus propiedades fisicoquímicas, lo que incide en la fertilidad de la vegetación que se desarrolla en ellas.

Por su origen, este carbón contiene minerales que estabilizan el pH, no dañan el equilibrio osmótico de la raíz, ni provocan fitotoxicidad.

Dosis y usos

Es particularmente apto para aplicarse en conjunto con inoculadores biológicos durante la germinación, o con fertilizantes orgánicos.

Para obtener los máximos beneficios de BioCar, se recomienda aplicar en una proporción de entre 10% y 20%. También, se potencia su efecto si protege el suelo con un acolchado de tierra, para favorecer la actividad de los microorganismos beneficiosos.

Si bien el producto se incorpora lentamente al subsuelo, puede añadirse previo a la labranza para lograr una distribución más profunda y homogénea.

En caso de que se observe un bajo nivel de humedad, se puede humedecer con agua después de aplicarlo al suelo.

El tiempo de vida media de BioCar puede llegar a varios años. BioCar se recomienda en el caso de suelos con bajo contenido de carbono.

Beneficios

- Adsorbe nutrientes orgánicos y los libera lentamente hacia el sistema radicular de la planta.
- Eficientiza el consumo de fertilizante al evitar pérdidas por lixiviación.
- Las grietas del carbón son un entorno adecuado para el desarrollo de microorganismos benéficos para las plantas.
- Los óxidos que se forman en la superficie del carbón atraen cationes y facilitan su biodisponibilidad en la rizósfera.
- Los óxidos inorgánicos presentes en el BioCar virgen, neutralizan el pH de tierras de carácter ácido.
- Mejora la estructura del suelo y su capacidad de retención hídrica.
- Favorece el crecimiento de micorrizas que, a su vez, derivan en la formación de compuestos orgánicos estables, como la glomalina.

ESPECIFICACIONES

Propiedad	Especificación	Norma
Humedad (% máx.)	11	ASTM D-3173
Tamaño de partícula (US Std. sieve)	Menor a la malla 30 (US Std. mesh)	ASTM D-2862
Densidad aparente (g/cm³)	0.55 - 0.70	ASTM D-2854
Contenido de cenizas (% máx.)	4	ASTM D-3174
Solubles en agua (% máx.)	3	ASTM D-5029
pH	8.0 - 9.0	ASTM D-3838
Contenido de carbono fijo (% mín.)	80	ASTM D-5142
Área superficial (m²/g, mín.)	80	ASTM D-3037
Radio medio poro (nm)	0.78	ASTM D-3037
Contenido de materia volátil (% máx.)	5	Adsorción N ₂ ASTM D-3175
Presentación	Presentación: costal de rafia de polietileno de 25 kg o supersaco de 500 kg.	

Garantía Carbotecnia

Las especificaciones e información contenidas en esta ficha técnica están basadas en fuentes que consideramos serias y confiables, así como en mediciones realizadas por nuestro laboratorio de control de calidad. Dado que las condiciones y métodos de aplicación se encuentran fuera de nuestro control, este documento no implica ninguna garantía implícita o explícita del funcionamiento del producto. Es recomendable que el usuario realice siempre pruebas piloto para determinar si las características y rendimientos aquí reportados son los adecuados para su proceso.

<https://www.carbotecnia.info>
ventas@carbotecnia.com.mx
Tel. 3331 3834 0904

REV. 220815
Elaboró
Revisó
SLV 220131
GGC 220404

ANEXO 9

Evidencias fotográficas



Elaboración de filtros en material acrílico.



Elaboración del dispensador que alimentara al filtro.



Filtros de material acrílico.



Dispensador que alimentara al filtro.



Tamizado de piedra chancada.



Insumos y materiales para ejecución del filtro.



Agua contaminada por Pb y Zn.



Colocación de insumos al filtro para iniciar el procedimiento.



Filtro listo con piedra chancada, área fina y el BIOCAR.



Limpieza del filtro con agua natural.



Toma de muestra de agua de caño, y agua de caño filtrada.



Inicio del procedimiento del con agua contaminada con Pb Y Zn.



Toma de muestra del agua filtrada.



Medición de la conductividad.



: Toma de muestra del agua filtrada.



Medición de la conductividad.



Toma de muestra del agua filtrada.



Medición de la conductividad.



Muestras de agua contaminad (inicial) y filtradas.

ANEXO 10

Resultados de laboratorio

LABECO

ANÁLISIS AMBIENTALES S.C.R.L.



Registro N° LE - 034

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 034**

INFORME DE ENSAYO N° IE-S/C - 0366/24

Solicitante : Waylla Yupi S.R.L.T.
Dirección del Solicitante : Jr. San Martín 1346 - Huánuco.
Atención : Figueredo Vega Jerine Bertha
Lugar de Muestreo : Universidad de Huanuco- carretera Huanuco -Tingo Maria Km 2.6
Proyecto : "EFECTO DEL BIOCARBÓN "BIOCAR" DE CARBOTECNIA COMO LECHO FILTRANTE EN LA REMOCIÓN DE PLOMO Y ZINC DE AGUAS CONTAMINADAS A NIVEL LABORATORIO"
Tipo de Muestra : Agua
Fecha de Monitoreo : 30/04/24
Fecha de Recepción de Muestra : 03/05/24
Fecha de Inicio de Análisis : 03/05/24
Fecha de Término de Análisis : 06/05/24
Fecha de Emisión : 08/05/24

MEDICIONES IN SITU

Código de Cliente	Descripción	COORDENADAS UTM	
		Norte	Este
T-0	Muestra Inicial	8906443	0366269
T-01	Tratamiento Primero	8906443	0366269
T-02	Tratamiento Segundo	8906443	0366269
T-03	Tratamiento Tercero	8906443	0366269
T-04	Tratamiento Cuarto	8906443	0366269
T-05	Tratamiento Quinto	8906443	0366269
T-06	Tratamiento Sexto	8906443	0366269

In Situ: Datos tomados en campo.

Aqua Residual (Industrial)

Código de Laboratorio	0366-1	0366-2	0366-3	0366-4	0366-5	0366-6	0366-7	Límite	Unidad
Código de Cliente	T-0	T-01	T-02	T-03	T-04	T-05	T-06	Detección	
Metales Totales									
Plomo	6,34	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	mg Pb/L
Zinc	6,40	0,04	0,09	0,27	0,55	0,81	1,13	0,01	mg Zn/L

- Muestreado por el Cliente.
- La fecha de muestreo es dato proporcionado por el Cliente.
- Lugar y condiciones ambientales del muestreo: Indicado en el acta.
- Condición y Estado de la muestra ensayada: Las muestras llegaron refrigeradas.
- El cliente renuncia al derecho de la dirimencia.

Método de Análisis:

Plomo: APHA AWWA-WEF Part 3111 B, 23rd Edition 2017, Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method.

Zinc: APHA AWWA-WEF Part 3111 B, 23rd Edition 2017, Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct

1 de 2

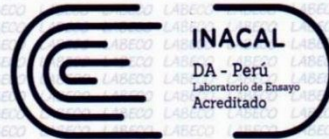
Revisión: 12

LB-F-38

Av. Víctor Alzamora 348, Urb. Barrio Medico
 Surquillo - Lima
 Teléfonos: 983 400 892
 e-mail: labecoventas@gmail.com / labecoinformes@gmail.com

LABECO

ANÁLISIS AMBIENTALES S.C.R.L.



Registro N° LE - 034

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 034**

[Firma]

Quim. Ellen Liliana Deza Montoya
CQP N° 1326
Director Técnico

Lima, 08 de mayo de 2024.

Nota 1: El presente documento sólo es válido para la(s) muestra(s) de la referencia.

Nota 2: Este resultado no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de productos "o como certificado del sistema de Calidad de la entidad que lo produce".

Nota 3: La(s) muestra(s) y contramuestras se mantendrán por un período de siete (7) días de emitido el presente Informe de Ensayo.

Nota 4: Toda corrección o enmienda física al presente Informe de Ensayo será emitida con "un nuevo informe que haga referencial al corregido".

Nota 5: Está prohibida la reproducción total y/o parcial del presente informe, salvo autorización escrita por LABECO Análisis Ambientales S.C.R.L.

Anexo 1: Condiciones de recepción.

---000000---

LB-F-38

Av. Víctor Alzamora 348, Urb. Barrio Medico
Surquillo - Lima
Teléfonos: 983 400 892
e-mail: labecoventas@gmail.com / labecoeinformes@gmail.com

2 de 2

Revisión: 12

EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE