

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Trabajo de Investigación

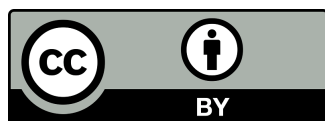
**Adsorción de plomo (II) con carbón activado a partir de
semillas de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) en la laguna
Huascacocha, Yauli, Junín - 2020**

Sheyla Mariela Machacuay Yantas

Para optar el Grado Académico de
Bachiller en Ingeniería Ambiental

Huancayo, 2020

Repositorio Institucional Continental
Trabajo de investigación



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento va dirigido a los profesores de la Universidad Continental que gracias a sus enseñanzas me permitieron adquirir nuevos conocimientos. A mis padres que me apoyaron y motivaron e hicieron lo posible por mi formación profesional.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, por darme fortaleza y perseverancia durante mi carrera profesional y admitirme terminar con éxito. A mis padres que fueron mi mayor inspiración y que gracias a su apoyo incondicional he logrado llegar hasta aquí.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
ÍNDICE GENERAL.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
RESUMEN.....	1
ABSTRAC.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
CAPÍTULO I.....	4
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.1. Planteamiento y formulación del problema.....	4
1.1.1. Problema general.....	5
1.1.2. Problemas específicos.....	5
1.2. Objetivos.....	6
1.2.1. Objetivos General.....	6
1.1.2. Objetivos Específicos.....	6
1.3. Justificación e importancia.....	6
1.3.1. Ambiental.....	6
1.3.2. Económico.....	6
1.4. Hipótesis y descripción de variables.....	7
1.4.1. Hipótesis general.....	7
1.4.2. Hipótesis específicas.....	7
1.4.3. Operacionalización de variables.....	5
CAPÍTULO II.....	9
2.1. Antecedentes del problema.....	9
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	9
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	10
2.2. Bases teóricas.....	12
2.2.1. Teorías Físicas.....	12
2.2.2. Teorías Químicas.....	15
2.3. Definición de términos básicos.....	20
2.3.1. Glosario.....	20
CAPÍTULO III.....	22
3.1. Método y alcance de la investigación.....	22

3.1.1. Método de investigación	22
3.1.2. Nivel de investigación	22
3.1.3. Tipo de investigación	23
3.2. Diseño de la Investigación	23
3.2.1. Flujograma del diseño de investigación	24
3.3. Población y muestra	25
3.3.1. Población:.....	25
3.3.2. Muestra	25
3.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos	26
CAPÍTULO IV	28
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
4.1. Resultados del tratamiento y análisis de información (tablas y figuras).....	28
4.1.1. Efecto de la dosis óptima.....	28
4.1.2. Efecto de la temperatura	29
4.1.3. Efecto del tiempo de contacto óptimo	31
4.2. Prueba de hipótesis	33
4.2.1. Primera hipótesis específica	33
4.2.2. Segunda hipótesis específica	35
4.2.3. Tercera hipótesis específica	36
4.3. Discusión de resultados.....	38
CONCLUSIONES	40
RECOMENDACIONES.....	42
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación de la laguna Huascacocha	4
Figura 2: Flor de eucalipto	13
Figura 3: Fruto de eucalipto	14
Figura 4: Semillas de eucalipto	15
Figura 5: Ubicación de puntos de muestreo.....	26
Figura 6: Efecto de la dosis en la remoción de Pb.	28
Figura 7: Ecuación de Langmuir correspondiente a las dosis (1, 1.5 y 3 g) de carbón activado	29
Figura 8: Efecto de la temperatura en la remoción del Pb.....	30
Figura 9: Ecuación de Langmuir correspondiente a temperaturas de (10, 15 y 20 °C) 31	
Figura 10: Efecto de los tiempos de contacto en la remoción de Pb.	32
Figura 11: Ecuación de Langmuir correspondiente a tiempos de contacto (60, 90 y 120 min)	33

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Operacionalización de variables.....	5
Tabla 2: Puntos de muestreo en la laguna Huascacocha	26
Tabla 3: ECA - Categoría 3.....	27
Tabla 4: Técnicas e instrumentos de recolección de datos	27
Tabla 5: Remoción de Pb a diferentes dosis.....	28
Tabla 6: Adsorción de Pb a diferentes temperaturas.....	29
Tabla 7: Adsorción de Pb a diferentes tiempos de contacto.....	31
Tabla 8: Prueba de normalidad para la dosis óptima	34
Tabla 9: Prueba de análisis de varianza para la dosis de carbón activado.....	34
Tabla 10: Pruebas Pos Hoc de las diferentes dosis de carbón activado	34
Tabla 11: Prueba de normalidad para la temperatura óptima.....	35
Tabla 12: Prueba de análisis de varianza para la temperatura de carbón activado	35
Tabla 13: Prueba Pos Hoc de las diferentes temperaturas	36
Tabla 14: Prueba de normalidad del tiempo de contacto óptimo.....	37
Tabla 15: Prueba de análisis de varianza para el tiempo de contacto de	37
Tabla 16: Prueba Pos Hoc a diferentes tiempos de contacto	37

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se basó en el desarrollo de la eficiencia del carbón activado a partir de semillas de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) para la remoción de Pb (II) en la laguna Huascacocha, ya que las empresas mineras que se ubican alrededor como Chinalco, Argentum y Austria Duvaz sus aguas residuales producidos no cuentan con ningún tratamiento antes de ser vertido a la laguna. Se tomaron muestras y se analizaron en el laboratorio acreditado, donde los resultados indican que la concentración de plomo (II) están por encima de los LMP's. Para la presente investigación se utilizó las semillas de eucalipto, el proceso experimental se realizó diferentes dosis (1, 1.5 y 3 g), temperatura (10, 15, 30 °C) y tiempos de contacto (60, 90, 120 min) con 500 ml de solución mediante prueba de jarras. Obteniendo resultados favorables de remoción de 95.79%, 96.84% y 90.53% respectivamente para plomo (II). Además, se realizó las isotermas de adsorción, los resultados muestran que la isoterma de Langmuir se ajustó favorablemente para la adsorción de plomo (II). Finalmente, se concluyó que las semillas de eucalipto son eficientes para el tratamiento de metales pesados y se puede implementar como una tecnología limpia para los efluentes mineros.

Palabras clave: metales pesados, adsorción, carbón activado, semillas de eucalipto, aguas residuales.

ABSTRAC

The present research work was based on the development of the efficiency of activated carbon from eucalyptus seeds (*Eucalyptus globulus*) for the removal of Pb (II) in the Huascacocha lagoon, since the mining companies that are located around such as Chinalco, Argentum and Austria Duvaz its produced wastewater does not have any treatment before being discharged into the lagoon. Samples were taken and analyzed in the accredited laboratory, where the results indicate that the lead (II) concentration is above the LMPs. For the present investigation, eucalyptus seeds were used, in order to adsorb lead by means of the jar test. The experimental process was carried out with different doses (1, 1.5 and 3 g), temperature (15, 30, 50 ° C) and contact times (60, 90, 120 min) for each 500 ml of effluent. Obtaining favorable removal results of 95.79%, 96.84% and 90.53% for lead (II). In addition, adsorption isotherms were performed, the results show that the Langmuir isotherm was favorably adjusted for lead (II) adsorption. Finally, it was concluded that eucalyptus seeds are efficient for the removal of heavy metals and can be implemented as a clean technology for mining effluents.

Key Words: heavy metals, adsorption, activated carbon, eucalyptus seeds, sewage.

INTRODUCCIÓN

Las descargas de aguas ácidas de las minas contienen altas concentraciones de sulfatos y metales que sobrepasan los límites máximos permisibles, llegando a ser nocivos para la actividad biológica del recurso hídrico. Causando la preocupación de los pobladores de la zona ya que la laguna Huascacocha es fuente de vida para el ecosistema como empleo de riego y bebida de animales. Según el OEFA, menciona que la laguna Huascacocha está siendo contaminada por las empresas mineras que descargan sus aguas de los procesos de concentración mediante tuberías directas a la laguna, convirtiéndose en una fuente de contaminación para la calidad de sus aguas al no presentar algún tratamiento adecuado impactando con la preservación del medio natural.

Los impactos negativos han logrado el desarrollo de diversos tratamientos para la eliminación compuestos orgánicos e inorgánicos, lo cual la adsorción por carbón activado se presenta como un material conocido por su excelencia en la remoción, pero, es costosa para el tratamiento de aguas residuales, ya que se adquiere del carbón mineral, que es un recurso no renovable lo cual genera un aumento del precio. Sin embargo, existen materiales renovables que son una elección prometedora para tratar efluentes industriales, empleando recursos naturales como materia prima ya que contienen grandes cantidades de pectina y compuestos de lignocelulosa localizadas en su área superficial lo que beneficia a una mayor capacidad de adsorción por la porosidad y la reacción química que se puede lograr, siendo una alternativa de solución eficiente, abundante y de bajo costo.

Las semillas de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) se utilizan como materia prima para preparar el carbón activado y aprovechar su uso en la adsorción para remediar las aguas contaminadas por iones metálicos en la laguna Huascacocha. El presente trabajo de investigación tiene como objetivo adsorber el plomo (II) teniendo como variables de estudio la dosis óptima, temperatura y el tiempo de contacto.

En el estudio de investigación se presentan cuatro capítulos. El primer capítulo se muestra el problema de la contaminación de la laguna por efluentes mineros. Dentro del segundo capítulo incluye el marco teórico que apoyan el proyecto. El tercer capítulo se detalla la parte experimental como el método inductivo, el nivel descriptivo y la investigación aplicada. En el último capítulo abarca los resultados y discusiones con los modelos cinéticos de adsorción.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento y formulación del problema

La región Junín presenta problemas de contaminación significativas en los ríos y lagunas, debido al vertimiento continuo de las aguas ácidas por las empresas mineras ya que explotan los minerales como plomo, plata, cobre y zinc, las cuales se acumulan y se manifiestan en altas concentraciones en recursos hídricos (1). La laguna Huascacocha fue establecida por la ANA, como categoría (III) aguas para bebidas de animales y riego de vegetales crudos (2).

Las aguas de la laguna Huascacocha a causa del descargue de los efluentes sin procesos de tratamientos de las empresas mineras Chinalco, Argentum y Volcán, sus aguas contienen moléculas y compuestos con altas concentraciones de metales pesados que perjudican al medio ambiente, ya que utilizan este recurso en sus actividades cotidianas como alimento de sus animales y son llevados por todo su recorrido a los ríos nacientes como el río Pucará, llegando a ser nocivos para la acción biológica, por otro lado, al contener estos metales pueden ser fácilmente adsorbidos y almacenados, alterando las funciones de la variedad de especies existentes desde la flora, fauna y microbiológica (3).



Figura 1: Ubicación de la laguna Huascacocha

Fuente: Google Earth (4)

El Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), en sus roles de supervisión, descubrió que se estaba descargando “efluentes ácidos” en la laguna, advirtiendo a la población que estas aguas podrían causar efectos negativos al medio acuático y la salud humana, por lo cual los pobladores de la zona exigieron a las empresas mineras adoptar medidas de prevención y mitigación establecidas en Resolución Directoral N°003-2014-OEFA/DS, en la que se ordena la suspensión inmediata de las actividades operativas de la empresa minera (5). Asimismo, la calidad de agua de la laguna Huascacocha presenta concentraciones altas de cadmio y plomo detectándose valores de 0.75 mg/L y 2.46 mg/L, de esta manera sobrepasa los ECA – agua (6).

Es por ello, que en estos últimos años se incentiva a la búsqueda de nuevas tecnologías que sean viables, de menor costo y fáciles de manejar. Uno de los métodos más importantes es la adsorción, como una alternativa viable para la disminución de acumulación de metales pesados. La aplicación de este método son de bajo costo ya que es obtenido por diversos materiales orgánicos provenientes de los recursos naturales o de desechos industriales o agrícolas y que de esta manera ayuden el cumplimiento de los estándares ambientales establecidos (7).

Para ello el trabajo de investigación recoge la problemática de la zona y plantea una alternativa para disminuir la concentración de plomo (II) en la laguna Huascacocha mediante el uso del carbón activado con semillas de eucalipto (*Eucalyptus globulus*), ya que tiene propiedades favorables para ser utilizada como material adsorbente de metales pesados y de esta manera poder mejorar la calidad de agua de la comunidad.

1.1.1. Problema general

¿Cuál será la capacidad de adsorción de plomo (II) en la laguna Huascacocha sobre carbón activado elaborado a partir de semillas de eucalipto (*Eucalyptus globulus*)?

1.1.2. Problemas específicos

- ¿Qué dosis será óptimo para la adsorción de plomo (II)?
- ¿Qué temperatura será óptimo para la adsorción de plomo (II)?
- ¿Qué tiempo de contacto será óptimo para la adsorción de plomo (II)?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivos General

Adsorber el plomo (II) empleando carbón activado a partir de semillas de eucalipto en la laguna Huascacocha, Yauli, Junín – 2020.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Determinar la dosis óptima del carbón activado para la adsorción de plomo (II).
- Determinar la temperatura óptima del carbón activado para la adsorción de plomo (II).
- Determinar el tiempo de contacto óptimo del carbón activado para la adsorción de plomo (II).

1.3. Justificación e importancia

1.3.1. Ambiental

El aumento potencial de la extracción minera trae como consecuencia la contaminación del medio ambiente por metales pesados ocasionando un impacto significativo por su toxicidad, acumulación y persistencia en los recursos de suelo, agua y aire (8). Adicionalmente a ello tenemos los afluentes de las aguas residuales domésticos que corresponden a la población ubicados alrededor de la laguna y la pérdida de cultura ambiental. Debido a la gran importancia que tiene la calidad de agua en el ecosistema se plantea nuevos métodos de tratamientos de efluentes ácidos para su remediación como es la adsorción, contribuyendo con el reaprovechamiento de las semillas de eucalipto otorgándole una alternativa de uso y valor agregado que facilitarán la remediación ambiental.

En este estudio se realizará un análisis del grado de contaminación por metales pesados de las aguas de la laguna Huascacocha, desde su desembocadura de las tuberías por las empresas mineras hasta sus nacientes como afluente al río Pucará.

1.3.2. Económico

En la actualidad el incremento de las investigaciones y el desarrollo de diversas tecnologías limpias se han empleado para mitigar, controlar, eliminar la contaminación de los metales pesados y preservar la biota a los alrededores de los efluentes que se emiten por el gran número de empresas mineras e

industriales que utilizan sustancias tóxicas en sus procesos. Para la adsorción de metales pesados existen métodos físicos, químicos y biológicos y cada uno tiene sus limitaciones técnicas y económicas. Sin embargo, para la remoción de concentraciones significativas de gran cantidad presentan una baja eficiencia, teniendo que usar productos químicos caros, resultando ser inconvenientes e deficientes en los métodos convencionales (9).

El carbón activado posee una capacidad de adsorción elevada y se utiliza para la purificación de líquidos y gases. Incluso para una mínima cantidad de metales pesados, la adsorción es considerada como la mejor opción debido a su alta eficiencia y simplicidad. Demostrando ser útil para la remoción de metales pesados, debido esencialmente en su estructura porosa muy desarrollada. Es por ello, que se propone la adsorción como una alternativa muy provechosa como las semillas de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) cuyos elementos contenidos facilitan la adsorción de plomo (II) y sobre todo por la abundancia como materia prima, bajo costo y un proceso simple de aplicación.

1.4. Hipótesis y descripción de variables

1.4.1. Hipótesis general

El carbón activado elaborado a partir de las semillas de eucalipto es favorable para adsorber el plomo (II) de la laguna Huascacocha, Yauli, Junín – 2020.

1.4.2. Hipótesis específicas

- La dosis de carbón activado influye en la adsorción de plomo (II).
- La temperatura influye en la adsorción de plomo (II).
- El tiempo de contacto influye en la adsorción de plomo (II).

1.4.3. Operacionalización de variables

Tabla 1: Operacionalización de variables

TIPO	VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	MEDICIÓN	INSTRUMENTO
Independiente	Carbón activado a partir de las semillas de eucalipto	Es un material desordenado y está constituido por carbono lo cual genera un aumento de nivel de porosidad y área superficial, con características para remover elementos contaminantes presentes en cuerpos líquidos (10).	Mediante la activación del carbón activado se evaluará a diferentes valores de dosis, pH, temperatura y tiempos óptimos se realizará las pruebas para adsorber el plomo.	Nivel de concentración	Activación química	H ₃ PO ₄	Concentración (%)
				Características Físico - Químicos	Dosis	gr	Balanzas
					Valor de pH	0-14	pH - metro
				Parámetros de operación	Temperatura	°C	Termómetro
					Tiempo óptimo	Minutos	Cronómetro
Dependiente	Adsorción de plomo (II)	La adsorción es un método de bajo costo que se utiliza para tratamientos físico-químicos en líquidos y gases para remover contaminantes mediante el uso de material biológico (11).	Para la adsorción del plomo se recolectará muestras de la laguna Huascacocha, y se realizará el análisis de concentración del antes y después del tratamiento.	Concentración de plomo (II)	Concentración de plomo inicial y final	mg/L	Balanzas
					Remoción de plomo	%	
					Capacidad de Adsorción	mg de Pb/g de carbón activado	

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

2.1.1. Antecedentes internacionales

Según Asimbaya C. y otros autores (2014) (12), en su trabajo de investigación lograron obtener carbón activado a partir de aserrín de madera de canelo, laurel y eucalipto en Quito. Para lo cual se propuso la impregnación con ácido fosfórico en una relación 1:1 a 500 °C por un tiempo de 2 horas, ajustando a un pH neutro con un tamaño de partícula mínima de 20 mm. Logrando un rendimiento eficiente el laurel con un 29.3% de residuos lignocelulósicos. El aporte para la presente investigación es el tamaño óptimo, que debe ser menor o igual a 5 mm ya que es mayor el área superficial por tanto mayor es la adsorción.

Según Lissete Mendoza y Natalia Fuentes (2014) (13), en su trabajo de investigación estudió el potencial biosorbente de biomasa de cáscara de naranja, algas rojas y tuna para la eliminación de Cd, Pb y Zn en los drenajes ácidos en la Guajira, Colombia. Aplicando el método de activación química con hidróxido de sodio a una temperatura de 700 °C se utilizó en procesos Bach con tiempo de 1 a 2 horas y dosis de 75 gr. Obteniendo resultados favorables para remover Cd y Pb con 95%, y para el Zn hasta un 62%. Esta investigación aporta al estudio en el proceso de la dosis optima entre 3, 4 y 5 g utilizando el sistema Bach para lograr una mayor adsorción.

Según Juan Moreno y otros autores (2015) (14), en su investigación científica evaluó el carbón activado usando semillas de eucalipto para la adsorción de compuestos fenólicos en Bogotá. Aplicando la activación con ácido sulfúrico y cloruro de zinc a 550°C de carbonización. Se logró remover hasta 200 mg/g de fenol y un mejor ajuste al modelo Langmuir. Esta investigación es relevante ya que aporta los procedimientos para realizar los modelos cinéticos de adsorción.

Según Vanessa Vera y Alfredo Morocho (2015) (15), en su tesis evaluó la adsorción de Pb y Hg usando la cascarilla de arroz en Ecuador. Se realizó la carbonización con ácido fosfórico en una relación de 1:5 a 450 °C en un sistema Bach con un pH entre 4 y 5. En el proceso experimental se utilizaron 0.5 g de biomasa con 500 ml de solución en un agitador a 120 rpm por 4 h; para el análisis de concentración se utilizó el espectrofotómetro. Los resultados obtenidos muestran una remoción de 90,5% de Pb y

91.5% de Hg. La cinética de adsorción que se ajustó fue el modelo Freundlich. Esta investigación ya que aporta los ajustes realizados por los modelos de adsorción usados para los cálculos la remoción del plomo y además la relación adecuada para mejorar la capacidad de adsorción.

Según Candelaria Tejada y otros autores (2018) (16), en su investigación científica evaluó la adsorción mediante carbón activado usando bagazo de palma para la remoción de Ni y Pb. Se realizó la activación con ácido cítrico a una temperatura de 600 °C. Logrando una remoción de 92,58 mg/g de Ni y 98,04 mg/g de Pb. Esta investigación aporta los modelos y parámetros usados para la remoción del plomo usando otro material natural que es el bagazo de palma, además la temperatura adecuado para mejorar la capacidad de adsorción.

Según Brenda Carrillo y Ada Contreras (2019) (17), en su investigación científica elaboró el carbón activado usando rastrojo de maíz para la reducción de plomo en las aguas superficiales, México. Se realizó el proceso de activación química con ácido sulfúrico a 450 °C y se ajustó a un pH de 4. Se logró remover hasta 89.15 mg/g de Pb. Esta investigación aporta para la remoción del plomo usando otro material natural que es el rastrojo de maíz además del tratamiento de activación para mejorar la capacidad de remoción.

Según Estefanía Rodríguez (2019) (18), en su tesis presenta las diferencias de la capacidad de remoción de Cr(VI) en las aguas residuales del río Pasto, utilizando carbón activado a partir de la cáscara de papa en Colombia. Se realizó la activación química con hidróxido de sodio y cloruro de zinc, analizando las variables de temperatura de 50 °C y tiempo de contacto entre 30 y 60 min. Los resultados muestran que se removió un total de 92.85% de Cr, del mismo modo no existe diferencia significativa con el tiempo y temperatura. Este trabajo es relevante para la investigación porque brinda información acerca de la metodología de activación química para logra una mayor capacidad de adsorción en aguas residuales.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Según Borja A. y otros autores (2015) (19), en su trabajo de investigación estudio la biosorción del Pb usando alga (*Ascophyllum nodosum*). El proceso experimental se preparó 2 muestras de 1 L, se ajustó a un pH de 4 y se añadió 150 mg de carbón colocando en agitación por 48 horas; para calcular la concentración se determinó mediante espectrometría. Reportaron que el modelo cinético que mejor se adaptó fue de pseudo-segundo orden con un equilibrio de 94.5 mg/g.

Según Rony Mamani (2016) (20), en su tesis determinó la biosorción del Pb en el río Ayaviri usando como materia prima el salvado de cebada en Puno. Realizó la activación química con HCl ajustando a un pH 5, tiempo óptimo de una hora para realizar la prueba en un sistema Batch con 25 ml a 15 °C. Obteniendo reducir a 0.50 mg/L y se demostró que el modelo cinético de Freundlich fue el que mejor representó, con una eficiencia de adsorción de 21.8 mg/g. Esta tesis aporta los lineamientos a seguir además de los parámetros en los que se obtuvo mayor adsorción además de la capacidad de adsorción dependiendo de la relación de mg de Pb y g de salvado de cebada.

Según Yolanda Aguirre (2017) (21), en su tesis presento la adsorción de Pb y As empleando carbón activado a partir de semillas de eucalipto en la Bahía del lago Titicaca. Para lo cual se utilizó el H₃PO₄ y FeCl₃ como agente activante respectivamente en un tiempo óptimo de 24 horas, una temperatura de activación de 500 °C a una hora. El proceso experimental se usó 2 g de carbón con 500 ml de muestra en un agitador a 300 rpm a 2 horas. Obteniendo remover el 98,7% de Pb y 70,3% de As. El aporte para la investigación es relevante porque muestra los parámetros de mayor adsorción con semillas de eucalipto y nos permite compararlos con nuestra investigación.

Según Cañazaca C. y Ccama William (2017) (22), en su tesis evaluó la síntesis de nano partículas de hierro metálico mediante hojas de eucalipto en Arequipa. Usando polifenoles de eucalipto y FeCl₃ se realizaron las pruebas experimentales con pH entre 3 y 5. Logrando la remoción de Cr en un 92.6%. Esta tesis brinda seguridad de la eficiencia del eucalipto para utilizar en tratamientos de aguas residuales porque muestra los parámetros de mayor adsorción para remover otro tipo de contaminante que es el Cr.

Según Armando Guevara (2018) (23), en su tesis evaluó la eficiencia de la cascarilla de arroz para la remoción de Cd y Pb en la laguna Huascacocha. Se realizó la activación con ácido fosfórico a una relación de 1:2 a una temperatura de 450 °C. En el proceso experimental se usó una dosis de 3 g en las pruebas de jarras. Logrando remover un 96.04% de Pb y 95.89% de Cd, además el modelo cinético de pseudo-segundo orden fue la que mejor presentó el proceso. Esta tesis aporta los mejores ajustes de modelos y parámetros usados para la remoción del plomo usando otro material natural que es la cascarilla de arroz además la dosis óptima para mejorar la capacidad de adsorción.

Según Wili Mamani y otros autores (2019) (24), en su artículo científico estudió la adsorción de metales pesados usando lenteja de agua. Para ello se utilizó ácido fosfórico para la carbonización a una temperatura de 500 °C, el tamaño de partícula fue

de 2.094 mm con un tamaño de diámetro de la porosidad de 1.048 mm. Adsorbiéndose un 99.34% de Hg, 97.62% de Fe, 85.48% de Cu. Este estudio científico aporta los parámetros usados para la remoción diversos metales pesados usando otro material natural que es la lenteja de agua además el tamaño de partícula para mejorar la capacidad de adsorción.

Según Bitón D. y Gonzales M. (2020) (25), en su tesis compararon la eficiencia del carbón activado de semillas de aguaje y eucalipto para la remoción del Pb. Mediante la recolección de información científica. Obtuvo un porcentaje de remoción de plomo de 99.88% el carbón con semillas de eucalipto. Esta tesis brinda información de la importancia de las semillas de eucalipto para la adsorción de metales pesados y los parámetros recomendados para mejorar la capacidad de adsorción del plomo (II).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Teorías Físicas

2.2.1.1 Eucalipto (*Eucalyptos globulus*)

Eucalyptus globulus es una de las especies provenientes de Australia y Tasmabia. Lo cual se dividen 4 tipos de especies: *globulus*, *maidenii*, *bicostata* y *pseudoglobulus*. En el Perú se ha adaptado de manera favorable en distintas regiones por sus diversas condiciones de suelos idóneas y climas soportando los fríos de invierno, heladas hasta por debajo de -3 °C y calores fuertes como también las sequias y los terrenos inundados. El eucalipto es utilizado mayormente como plantaciones forestales y ornamentales, presenta un crecimiento rápido (26).

El eucalipto tiene una gran importancia en el medio ambiente, económico y social:

- Alberga la fauna y flora debido a su aplicación correctora de hidroforestal, tiene la función de defensor acústico y cortinas que evitar el acaloramiento de los animales.
- El eucalipto es un árbol capaz de fijar y retener el dióxido de carbono (CO₂) y los gases de efecto invernadero (GEI), para que de esta manera libere oxígeno a la atmósfera.
- Aporta al ecosistema como lugar de descanso para los animales.

- Las plantaciones de eucalipto son un recurso renovable como materia prima ya que produce altas cantidades de madera por su crecimiento acelerado.
- Es considerado eco eficiente porque se desarrolla de manera paralela a otras actividades como son la ganadería y la apícola.
- Mejora los suelos degradados, por su capacidad de progreso en los terrenos de escasa calidad.
- Ayuda a la salud, porque es un árbol medicinal y se elaboran diversos productos farmacéuticos especialmente en los problemas ambientales.

2.2.1.2 Descripción botánica

Es un árbol perennifolio y de elevada talla; de corteza color gris ceniza, de tronco cilíndrico y recto alcanza alturas de 30 a 50 metros, sus hojas son coriáceas de un gris azulado verdoso, son redondas cuando el árbol se encuentra joven y ovaladas color verde cuando son adultas llegando a medir hasta 30 cm de largo; también son dimorfas con fuerte olor a cineol. Presenta característica de heterofilia, por ser un mismo árbol con diferentes hojas jóvenes (opuestas, dentadas y acorazonadas) (27).



Figura 2: Flor de eucalipto

Fuente: (27)

Las flores son grandes, blancas y axilares generalmente solitarias con el cáliz, pero sin pedúnculos, tienen varios estambres de color amarillo y pistilos y carecen de pétalos. El fruto es capsular de 1.5 a 3 cm de longitud y en su interior contienen semillas (28).



Figura 3: Fruto de eucalipto

Fuente: (21)

El fruto presenta un olor intenso y tiene la forma de una cápsula, y su diámetro mide entre 5 a 6 mm aproximadamente y sus valvas de forma triangular entre 3 a 5 mm. Además, las cápsulas son grande de color negro con una cubierta de color gris azulado que envuelve una gran cantidad de semillas fértiles, y son resistentes y adaptables al cambio de clima (28).

2.2.1.3 Semillas de eucalipto:

Las semillas de *E. globulus* son grandes y existe entre 18 y 320 semillas por gr de semilla. Las cápsulas dejan libre a las semillas cuando estas alcanzan la madurez con la ayuda de la temperatura que influyen en la abertura de las valvas y la esparción de las semillas para ser llevados por el viento. Cuando son liberados, germinan en pocos días bajo condiciones adecuadas. Los árboles

empiezan a producir semillas de 6 a 7 meses luego de la floración, las semillas se pueden cosechar cuando el árbol tienen una edad de 3 a 5 años (21).



Figura 4: Semillas de eucalipto

Fuente: (21)

2.2.2. Teorías Químicas

2.2.2.1 Carbón activado:

Es una materia amorfa que tiene una estructura cristalina derivado del grafito y se caracteriza por poseer cantidades de microporos (poros menores a nanómetro de radio) lo cual favorece para ser utilizado como adsorbente ya que se caracteriza por tener un área superficial sumamente desarrollada. Asimismo, es usado para purificación de impurezas en gases y líquidos como un adsorbente que elimina diversas sustancias tóxicas. Este material se puede encontrar en diversas formas ya sea granular y en polvo (21).

2.2.2.2 Metales pesados

Son materias cuya densidad es cinco veces mayor que la del agua, entre ellos tenemos: Hg, Pb, Cd, Tl, Cu, Zn y Cr. Dependiendo de su movilidad en el ecosistema, su especiación química, persistencia y tendencia de acumulación o bioacumulación para ocasionar un aumento en la contaminación ambiental. Las

toxicidades de los metales pesados dependiendo de las concentraciones en que se encuentran en el medio ambiente generaran diversos problemas en los seres vivos (21).

2.2.2.3 Plomo:

Es un metal peligroso, de color azulado. Es inelástico, se funde con facilidad e inelástico. Presenta alta resistencia a la reacción de los H_2SO_4 y HCl ; el plomo es de tipo anfótero, ya que produce sales como ácidos, óxidos y compuestos organometálicos. Los componentes orgánicos e inorgánicos del plomo son determinados como sustancia tóxica y dañina. Entre los más componentes solubles e insolubles del plomo tenemos a los carbonatos, sulfuros, hidróxidos que rápidamente se integran en la cadena alimenticia. El problema se da por las actividades de fabricación, metalurgia, explotación minera, y reciclaje drenan sus aguas contaminado con plomo y presenta graves problemas en los medios acuáticos y el suelo (29).

2.2.2.4 Adsorción:

Es un proceso de adherencia de los componentes líquidos o gaseosos son transferidos hacia un sustrato sólido; es una tecnología eficiente para la remoción de metales pesados que se presenta en bajas concentraciones y las materias primas que se pueden utilizar se encuentran en abundancia en el medio ambiente. El adsorbente es factor importante ya que, por su alta porosidad, la composición de sus formas estructurales y la clase de reacción podrán retenidas más fuertemente otros compuestos (29).

- a) La adsorción física es el efecto del enlace entre adsorbente y adsorbato ocasionado por las fuerzas de Van der Waals. Se caracterizan por tener propiedades de área superficial y polaridad. Este tratamiento puede ser lento o rápido, y requiere la acción de las propiedades de la temperatura como la carbonización del material, el adsorbente y el adsorbato (29).
- b) La adsorción química es el resultado del compartimiento de electrones entre el contaminante y el sólido que forma el enlace. Además, es un tratamiento que está sujeto a la temperatura, la composición química del material y la concentración de la sustancia. Además, se usan adsorbentes naturales como

la sílica, alúmina, carbón y la arena, para remover metales pesados de las aguas residuales industriales (29).

2.2.2.5 Factores que afectan el proceso de adsorción

- Superficie del carbón activado: Es la parte total disponible para la adsorción, cuando la superficie del adsorbente sea mayor, la retención del adsorbato aumentará. Por tanto, la reacción de los adsorbentes porosos con el área superficial la velocidad aumenta gradualmente respecto al diámetro de partículas adsorbentes (30).
- Naturaleza del adsorbato: La solubilidad, estructura química y naturaleza iónica influyen en el equilibrio de la adsorción. La dependencia del grado de solubilidad es mayor al grado de adsorción del soluto (regla de Lundelius), que se aplica de un soluto en la adsorción de la solución. Asimismo, tenemos los grupos funcionales que interactúan con grupos polares (30).
- pH: Afecta la carga superficial del adsorbente como al adsorbato. Debido a que los iones hidroxilo e hidronio adsorben fuertemente en el adsorbato e influye en el grado de ionización de compuestos ácidos y bases se determina el factor de adsorción. Aunque, este factor no afecta a los sistemas de adsorbato-adsorbente, por tanto, se debería determinar experimentalmente (30).
- Temperatura. El proceso de adsorción es exotérmico, es por ello, que la capacidad de adsorción incrementa al reducir la temperatura. La variación de entalpía en la adsorción es muy baja y el orden depende de las reacciones de condensación y cristalización. Los calores de adsorción en fase líquida no son muy significativos ya que el agua es desorbido a la superficie (30).

2.2.2.6 Isotermas de adsorción

La capacidad de adsorción está basado en isotermas, la cual es el enlace de dependencia de la temperatura con la sustancia adsorbida por peso unitario

(gramo) del adsorbente, en proporción a la concentración del adsorbato en equilibrio (C_e) (30).

a) Isotherma de Adsorción de Freundlich (Adsorción por intercambio iónico):

Es un modelo que asume la relación de la cantidad adsorbida con la concentración del material en el líquido, ya que los sitios de adsorción con la de la interacción entre adsorbato y adsorbente están agrupados en pequeñas áreas, también esta isoterma considera que no hay las interacciones laterales entre las moléculas adsorbidas y que solo se absorbe una capa (30).

Se expresa por la siguiente ecuación:

$$q_e = K_f C_e^{1/n}$$

Donde:

q_e : Es la concentración del soluto retenido en el adsorbente.

C_e : Es la concentración de soluto en la solución en el equilibrio (g/L).

K y n : Constantes que está sujeto a la temperatura, condición de adsorbente y adsorbato.

b) Isotherma de adsorción de Langmuir (Adsorción por afinidad):

Es una ecuación para determinar los iones que se adsorben en el área superficial hasta lograr una monocapa completa (saturación), además brinda información de la técnica de adherencia del adsorbente y muestra el equilibrio de la adsorción (30).

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_{\max} * b} + \frac{1}{q_{\max}} * C_e$$

Donde:

q_e : Cantidad de adsorbato secuestrado en la concentración inicial.

q_{\max} : Máxima cantidad de adsorbato secuestrado por 1 g del adsorbente.

C_e : Concentración de adsorbato cuando la adsorción alcanza el estado de equilibrio termodinámico.

b: Constante de equilibrio del tratamiento de adsorción.

2.2.2.7 Modelos cinéticos de adsorción

Describe la velocidad (iones metálicos) para evaluar el comportamiento de la adsorción con el tiempo hasta llegar al equilibrio y ser retirados de la solución. Además, estos modelos explican los fenómenos de adsorción (30).

- **Modelo de pseudo primer orden:** Se justifica en la adsorción física del adsorbato sobre el material adsorbente en un tiempo determinando y la ecuación es:

$$q_t = q_e (1 - e^{-k_1 t})$$

Donde:

q_e : Capacidad de adsorción (mg/g)

k_1 : Constante de pseudo primer orden (min⁻¹)

t : Tiempo de adsorción (min)

- **Modelo de pseudo segundo orden:** Asume la capacidad de adsorción sobre la superficie de adsorbentes de la biomasa, además la velocidad se encuentra controlada por la adsorción química, la ecuación es:

$$q_t = \frac{t}{\left(\frac{1}{k_2 * q_e^2}\right) + \left(\frac{t}{q_e}\right)}$$

Donde:

q_t : Capacidad de adsorción (mg/g)

t : Tiempo de adsorción (min)

q_e : Capacidad de adsorción en el equilibrio (mg/g)

k_2 : Constante de pseudo segundo orden (g/mg.min)

- **Modelo de Elovich:** Describe la cinética de quimiosorción de los contaminantes en soluciones acuosas generalmente gases sobre líquidos, la ecuación es:

$$q_t = \frac{1}{\beta} \ln(\alpha\beta) + \frac{1}{\beta} \ln(t)$$

Donde:

α = Constante de ecuación de Elovich (ml/g min)

β = Exponente de la ecuación de Elovich (g/mg)

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1. Glosario

- a) **Semillas de eucalipto:** Se encuentran en el interior del fruto del eucalipto y permanecen ahí por dos y tres meses necesitan un proceso de estratificación para elevar la tasa de germinación es a una temperatura de 16 y 18 °C (21).
- b) **Carbón activado:** Presentan una gran capacidad de adsorción se aplica en diversas actividades para la remoción de sustancias de colorantes, materiales orgánicos y metales pesados por su textura porosa y su química superficial, tanto en fase líquida como gaseosa (31).
- c) **Adsorción:** El proceso en el cual las moléculas se concentran en una capa interfacial, por ello, se considera como un fenómeno subsuperficial. Existen factores que influyen en la capacidad de adsorción durante el tratamiento como: el tamaño de partícula, pH, temperatura, condición de adsorbente y adsorbato (31).
- d) **Adsorbato:** Es la sustancia retenida en el área superficial de un adsorbente (20).
- e) **Adsorbente:** Es un material que tiene la función de retención en función de su reacción química y composición diversos contaminantes sea líquido y gaseoso (20).
- f) **Modelos de adsorción:** Son principalmente para modelar matemáticamente la adsorción, diseño y la capacidad de eficiencia. Asimismo, nos permite

estimar el grado de purificación que se ha logrado, la cantidad requerida de adsorbente y la sensibilidad de los procesos en relación a la concentración del metal; entre los más usados son para un sistema sólido-líquido (31).

- g) Activación química:** Modifican el proceso de la carbonización; y activación se realizan por el uso de diversas sustancias químicas como $ZnCl_2$, H_3PO_4 , KOH o K_2CO_3 . Estas sustancias tienen la función de actuar como deshidratantes, lo cual influye en la pirólisis para la descomposición e inhibición de la formación del alquitrán en el rango de temperaturas entre $400^\circ C$ y $900^\circ C$, lo que genera un mayor grado de porosidad en comparación con los métodos (31).
- h) Humedad:** Indica el número de kilogramos de vapor de agua contenidos en un kilogramo de materia húmeda, del mismo modo se puede describir en % Humedad; el contenido de agua en muestras sólidas (32).
- i) Cenizas:** Conforman todo el residuo inorgánico (minerales) que queda después de la incineración de la materia orgánica en una mufla que se ha quemado. Las cenizas obtenidas no tienen la misma composición que la materia inicial, ya que pueden existir pérdidas por volatilización y se convierten en óxidos o carbonatos o según su naturaleza (32).
- j) pH:** Es una unidad de medida que se utiliza para representar los niveles de acidez o alcalinidad de las sustancias; que se describen como el logaritmo negativo en base 10 de la acción del ion Hidrógeno y está descrito en moles por décimo cúbico (33).
- k) Temperatura:** Es una magnitud física que mide la energía térmica de una sustancia e indica en qué dirección se dirige el calor al poner en contacto dos materias que están en distintas temperaturas (34).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método y alcance de la investigación

3.1.1. Método de investigación

a) Método general

En la metodología propuesta por Roberto Hernández menciona que el método científico es un conjunto de sistemas que se aplican teorías, leyes y principios que son verificados que describen fenómenos y hechos reales. Se presenta en forma cuantitativa, cualitativa o mixta, que se estudia en un determinado tiempo y espacio (35).

b) Método específico

El método inductivo, está basado en la observación, la experimentación y el estudio de diferentes sucesos naturales para poder llegar a un resultado que incluye a todos lo dicho, es decir, es un método aplicado para poder sustraer conclusiones generales a partir de casos particulares (35).

El método inductivo permitirá comprobar las hipótesis originadas por la adsorción de carbón activado usando semillas de eucalipto en la laguna Huascacocha y su contaminación por vertimientos de las empresas mineras en sus aguas.

3.1.2. Nivel de investigación

El nivel descriptivo, está constituido por un conjunto de características, cualidades y propiedades que describe situaciones, hechos o fenómenos estudiados, en un momento concreto y determinado, además, miden con determinados instrumentos las variables relevantes y describen los datos relacionados a las observaciones de manera conjunta o independiente (35).

En el presente estudio se describirá el estado actual del área de estudio, que en el presente caso sería la situación en cuanto a la calidad de agua en cuanto a la concentración de plomo de la laguna Huascacocha.

3.1.3. Tipo de investigación

El tipo de investigación del estudio es aplicada, ya que presenta propósitos bien especificados, es decir, se investiga para solucionar, modificar o producir cambios a un problema específico en la sociedad, utilizando aportes de las teorías científicas (35).

El presente trabajo está basado en resolver un problema ambiental que es la alteración de la calidad de agua superficial que presenta la laguna Huascacocha con plomo, por tal razón se busca resolver usando el carbón activado usando semillas de eucalipto como un adsorbente.

3.2. Diseño de la Investigación

El diseño de la investigación es experimental, donde Sergio Carrasco menciona que se manipula intencionalmente uno o más variables independientes para analizar lo que esto causa en la o las variables dependientes, puesto que se realizará la comprobación de la efectividad de remoción de los metales pesados de la variable independiente (36).

Además, el diseño general es pre - experimental, porque se aplica a un grupo un tratamiento experimental para aplicar una determinada prueba o medición y de forma aleatoria, en el estudio, se trabaja con las dos variables, dependiente e independiente, aplicando a la variable independiente al proceso a diferentes valores de dosis, temperaturas y el tiempo óptimo entre el adsorbente y adsorbato sobre la variable dependiente para lograr la adsorción del plomo.

$$G: O_1 \rightarrow X \rightarrow O_2$$

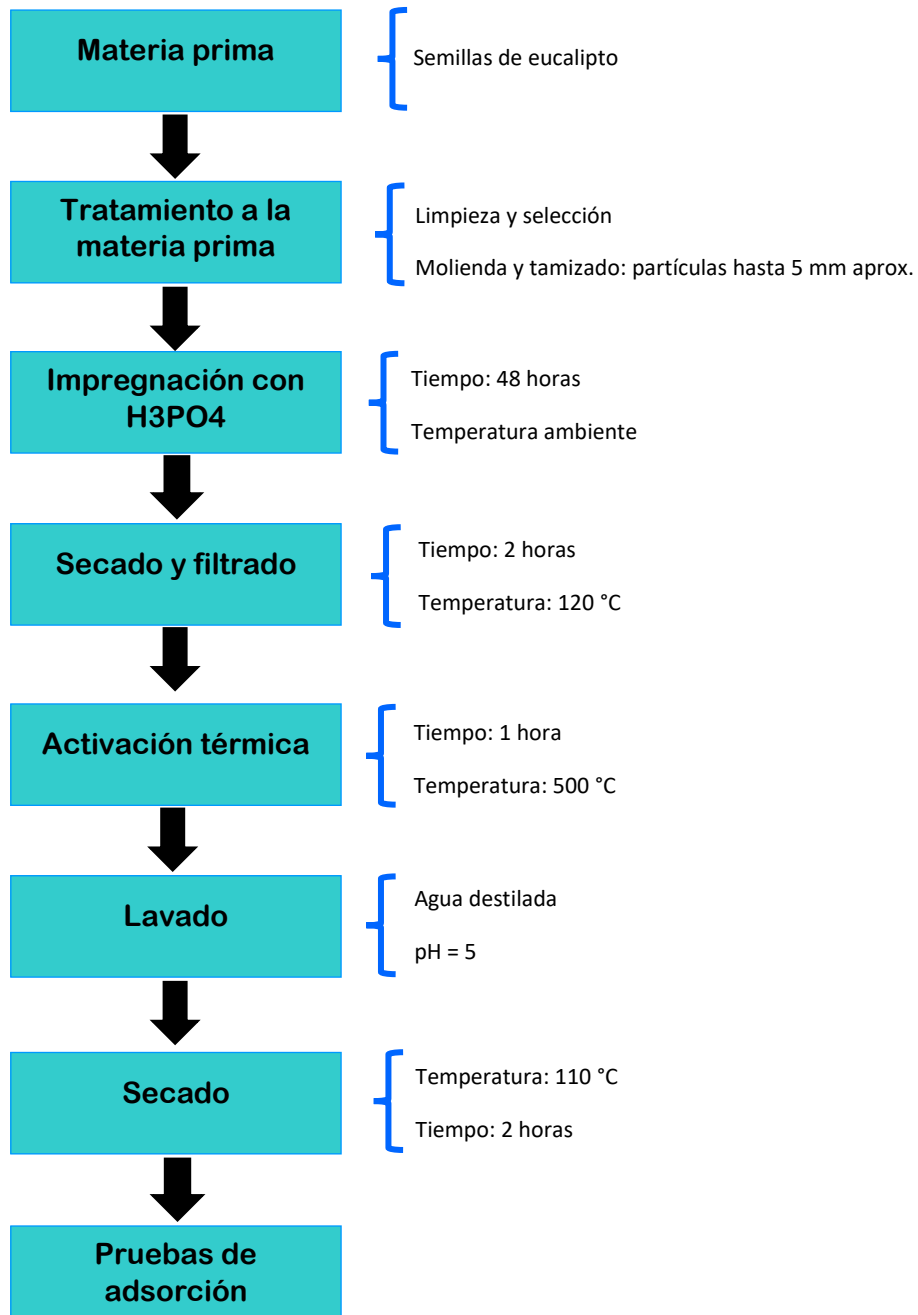
G: Muestra.

O1: Concentración inicial de Pb.

X: Tratamiento con carbón activado usando semillas de eucalipto.

O2: Concentración final del Pb, después de la ejecución del tratamiento.

3.2.1. Flujoograma del diseño de investigación



3.3. Población y muestra

3.3.1. Población:

Está determinada por el volumen total de la laguna Huascacocha, de la unidad minera Chinalco y Argentum que se encuentra en la provincia de Yauli, departamento de Junín-2020.

3.3.2. Muestra

Para la obtención de las muestras en los puntos ya señalados se deberá seguir el procedimiento propuesto por el Protocolo Nacional de Monitoreo de Agua Superficial. El muestreo se realizará en épocas de estiaje entre los meses de mayo a agosto y será simple, ya que se realizará una sola vez.

Se coleccionarán las muestras de agua en envases de polietileno de 500 mL a una profundidad de 50 cm en los puntos de muestreo, y serán tomadas a 200 m del vertimiento directo de las empresas mineras en la laguna. Asimismo, se realizará el rotulado y etiquetado con etiquetas autoadhesivas teniendo como mínimo:

- ❖ Nombre del responsable
- ❖ Código del punto de muestreo
- ❖ Tipo de cuerpo de agua
- ❖ Fecha y Hora de muestreo

Serán almacenados en envases cerrados herméticamente, protegiendo de la luz y evitar que la muestra se altere. Cada muestra se rotulará con un código específico y después se registrará en la cadena de custodia (37).



Figura 5: Ubicación de puntos de muestreo

Tabla 2: Puntos de muestreo en la laguna Huascacocha

PARÁMETRO A ANALIZAR	PUNTOS DE MUESTREO	COORDENADAS		ZONA
		ESTE	SUR	
	Punto 1	378124.88 m	8718088.08 m	
Plomo	Punto 2	378184.51 m	8718214.22 m	18 L
	Punto 3	378302.22 m	8718060.78 m	

3.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos

Se recolectará una total de 8 L de la laguna Huascacocha; de ello 2 litros se establecerá la concentración inicial de Pb y después se pasará a preservar la muestra de los 6 litros se realizará el tratamiento experimental. La determinación de la concertación de Pm se realizará en el laboratorio acreditado de la UNCP (Laboratorio de Espectrofotometría de Adsorción Atómica – Facultad de Ingeniería Química).

Para el desarrollo de la investigación se utilizarán los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua según el DECRETO SUPREMO N°004-2017-MINAM, señalando en la Categoría 3: aguas para riego de vegetales crudos y bebidas de animales (38).

Tabla 3: ECA - Categoría 3

PARÁMETROS	UNIDAD DE MEDIDA	RIEGO DE VEGETALES	BEBIDA DE ANIMALES
Plomo	mg/L	0.05	0.05

Tabla 4: Técnicas e instrumentos de recolección de datos

ETAPAS	FUENTES	TÉCNICAS	INSTRUMENTO	RESULTADO
Recolección de la muestra	Laguna Huascacocha	Observación	Ficha de observación de campo.	Vertimiento contaminado.
Análisis de muestra de la laguna Huascacocha.	Laboratorio	Experimental	Ficha de registro de concentración de plomo.	Concentración inicial de Pb de la laguna Huascacocha.
Preparación y procesamiento de la muestra.	Laguna Huascacocha	Experimental	Ficha de recolección de datos de laboratorio.	Se determina la capacidad de adsorción, porcentaje de remoción y concentración final.
Procesamiento de datos	Laboratorio	Experimental	Análisis e interpretación de datos.	Agua tratada con concentración de Pb permisible en la laguna Huascacocha.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados del tratamiento y análisis de información (tablas y figuras)

4.1.1. Efecto de la dosis óptima

Tabla 5: Remoción de Pb a diferentes dosis

N°	Dosis (g)	Co (mg/L)	Cf (mg/L)	Qe (mg/g)	% R
1	1	0.095	0.033	532.26	65.26
2			0.029	439.39	69.47
3			0.031	484.38	67.37
4	1.5	0.095	0.022	452.05	76.84
5			0.020	400.00	78.95
6			0.023	479.17	75.79
7	3	0.095	0.007	238.64	92.63
8			0.006	202.25	93.68
9			0.004	131.87	95.79

Interpretación: El efecto de la dosis para la adsorción de Pb (II) sobre carbón activado, se conservaron constantes a tiempo de contacto de 100 minutos, pH de 5 y 500 ml de muestra.

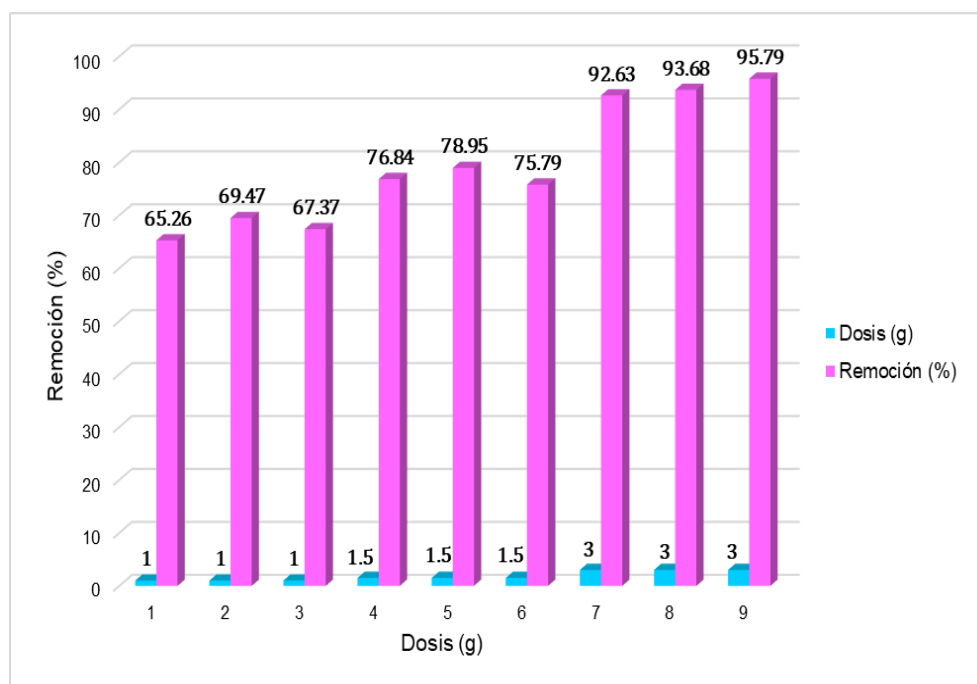


Figura 6: Efecto de la dosis en la remoción de Pb.

En la figura 6, se muestra los resultados obtenidos para la aplicación en diferentes dosis (1, 1.5, 3 g) de carbón activado para la adsorción del plomo en un tiempo de captación de 120 minutos, se observa que el porcentaje mayor de adsorción se logra con dosis de 3 g, a comparación de las demás que obtienen 69.47% y 78.95% respectivamente. Asimismo, la figura demuestra que a medida que aumenta la dosis de carbón activado incrementa la adsorción de plomo (II).

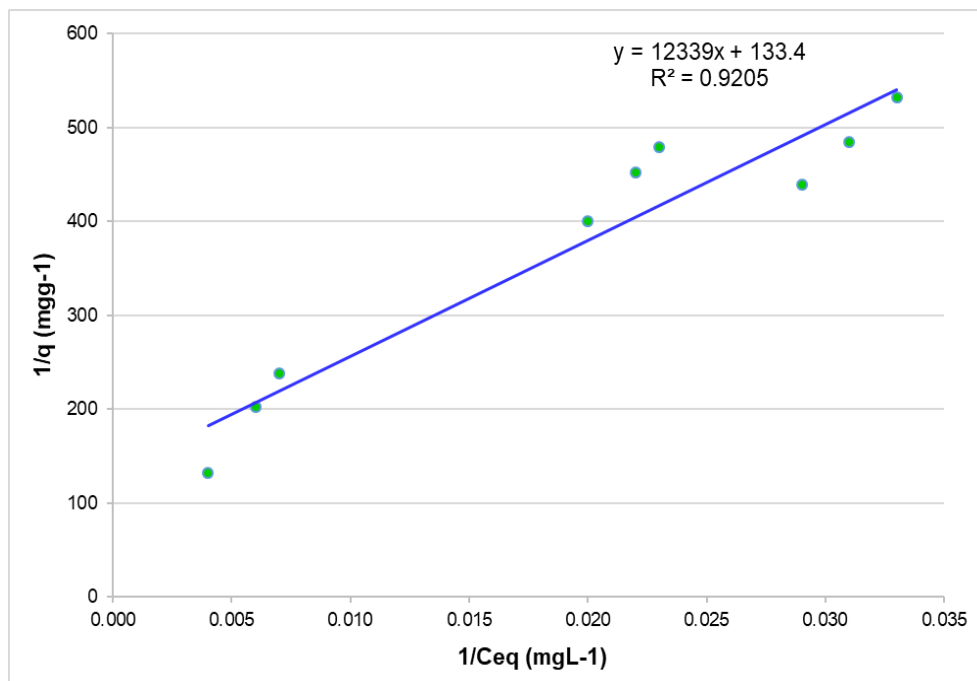


Figura 7: Ecuación de Langmuir correspondiente a las dosis (1, 1.5 y 3 g) de carbón activado

En la figura 7, se muestra la isoterma de Langmuir que nos da un coeficiente de correlación de $R^2 = 0.9205$. Y se observa la recta de la isoterma de adsorción donde se ajusta a las diferentes dosis (1, 1.5, 3 g) de carbón activado, en unidades de logaritmo de la concentración de Pb retenido por gramo de carbón activado versus la concentración final de Pb después del equilibrio.

4.1.2. Efecto de la temperatura

Tabla 6: Adsorción de Pb a diferentes temperaturas

N°	Temperatura		C0 (mg/L)	Cf (mg/L)	Qe (mg/g)	% R
	°C	K				
1	10	288.15	0.095	0.035	8750.00	63.16
2				0.034	8360.66	64.21
3				0.032	7619.05	66.32
4	15	303.5	0.095	0.019	7500.00	80.00
5				0.018	7012.99	81.05
6				0.016	6075.95	83.16
7	30	323.5	0.095	0.006	3370.79	93.68
8				0.005	2777.78	94.74

Interpretación: El efecto de la temperatura en la adsorción de plomo sobre carbón activado, se evaluó en un rango de 10 a 30°C y se ajustaron a un pH constante de 5, tiempo de agitación de 120 minutos, cantidad de dosis de 3 g y 500 ml de muestra.

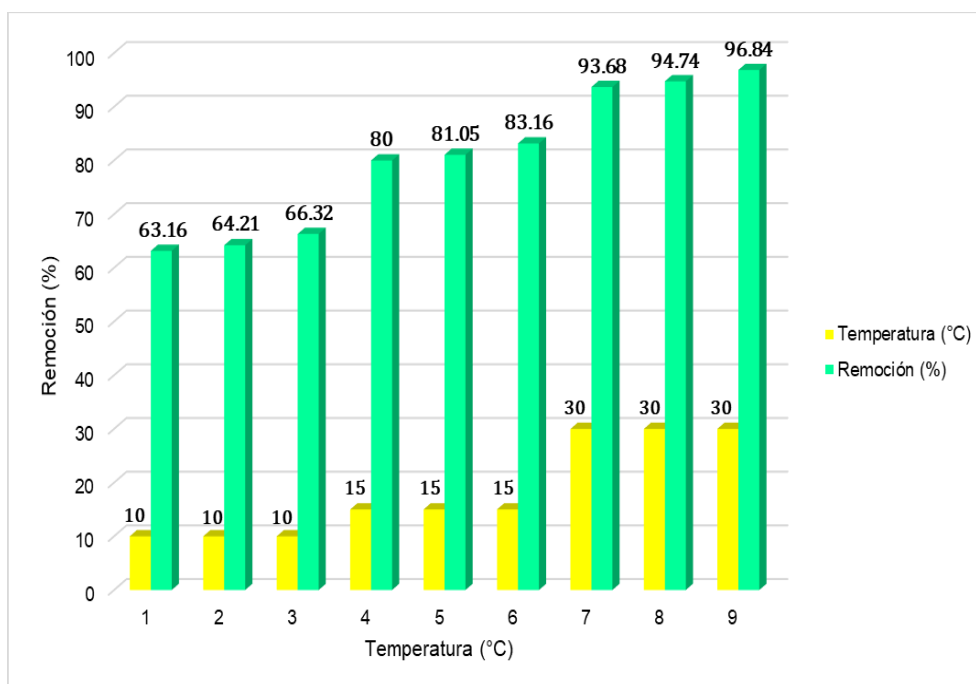


Figura 8: Efecto de la temperatura en la remoción del Pb.

En la figura 8, la adsorción de plomo (II) se vio beneficiada con el aumento de temperatura. La eliminación más alta se obtuvo a partir de los 15°C con un 80% de remoción, en consecuencia, de que el aumento en la cantidad de Pb adsorbido con el incremento de la temperatura es ocasionado por un mayor incremento iónico que actúan en la solución.

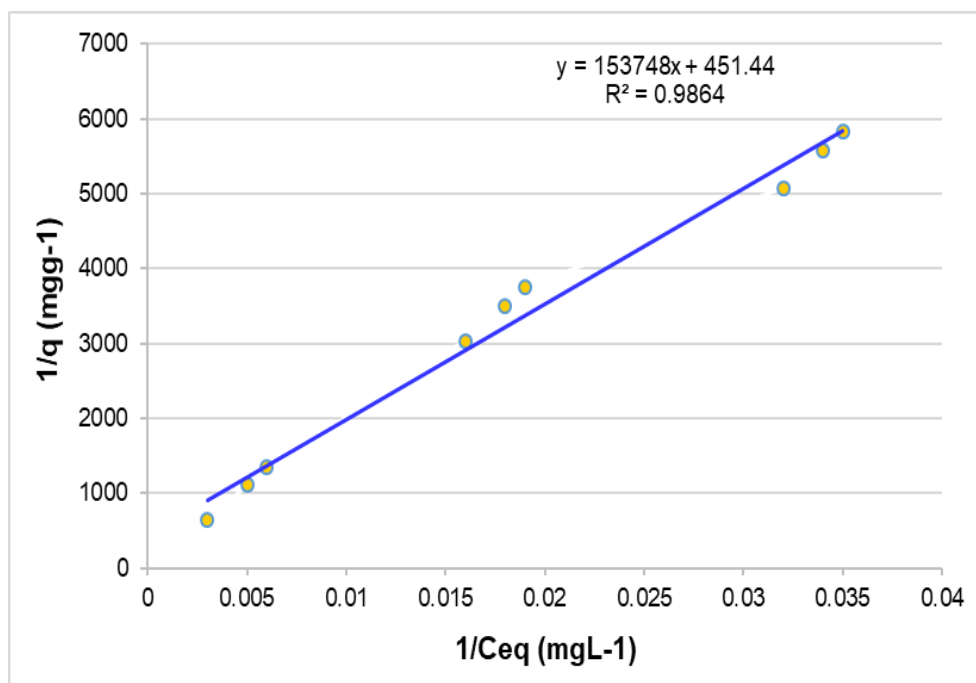


Figura 9: Ecuación de Langmuir correspondiente a temperaturas de (10, 15 y 20 °C)

En la figura 9, se muestra la isoterma de Langmuir que nos da un coeficiente de correlación de $R^2 = 0.8692$. Y se observa la recta de la isoterma de adsorción donde se ajusta a las diferentes temperaturas (10, 15 y 20 °C) de carbón activado, en unidades de logaritmo de la concentración de Pb retenido por gramo de carbón activado versus la concentración final de Pb después del tratamiento.

4.1.3. Efecto del tiempo de contacto óptimo

Tabla 7: Adsorción de Pb a diferentes tiempos de contacto

N°	Tiempo (min)	C0 (mg/L)	Cf (mg/L)	Qe (mg/g)	% R
1	60	0.095	0.045	54000	52.63
2			0.042	47547.2	55.79
3			0.044	51764.7	53.68
4	90	0.095	0.035	52500	63.16
5			0.033	47903.2	65.26
6			0.032	45714.3	66.32
7	120	0.095	0.012	17349.4	87.37
8			0.01	14117.6	89.47
9			0.009	12558.1	90.53

Interpretación: Los resultados obtenidos del tiempo de contacto se efectuaron a constante temperatura ambiente (20°C), pH de 5, dosis de 3 g y la solución de 500 ml.

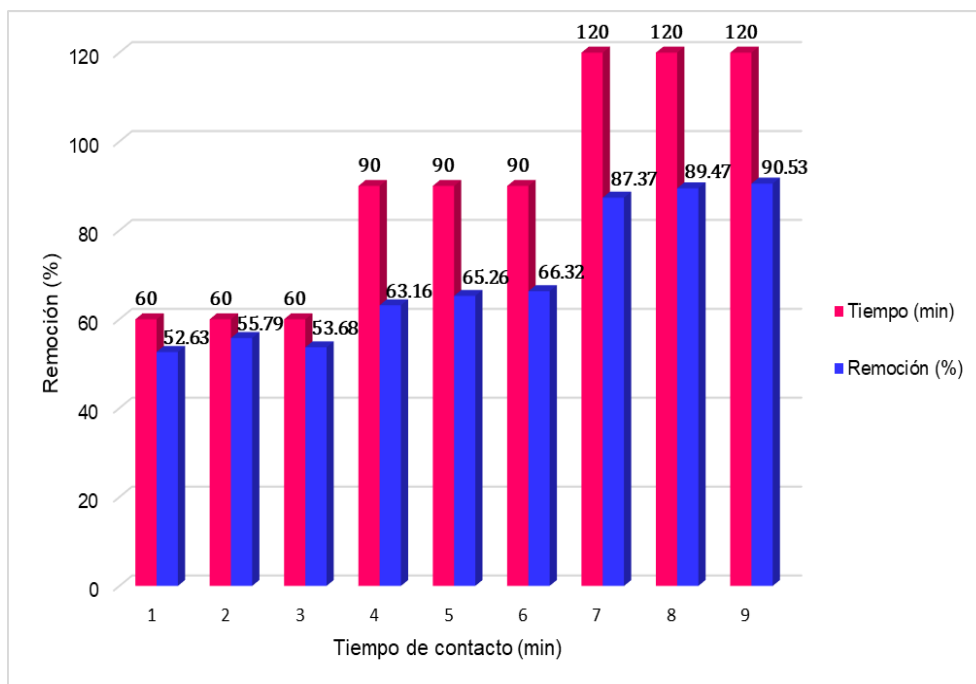


Figura 10: Efecto de los tiempos de contacto en la remoción de Pb.

Se muestra en la figura 10 que a medida que incrementa el tiempo de contacto aumenta la adsorción de plomo; desde los 90 minutos el carbón activado queda saturado con un porcentaje de adsorción de 66.32%. Lo que se puede afirmar que la adsorción de plomo con el carbón activado aumenta con el tiempo. Algunos autores muestran procesos de adsorción muy rápidos, pero una gran mayoría coincide que el tiempo requerido se encuentra en el rango de 80 – 120 minutos de contacto. Asimismo, se observa que más del 50% de la adsorción de Plomo (II) ha sucedido en los 60 min de contacto y estimándose una reducción mayor de la concentración de plomo (II) a partir de los siguientes minutos.

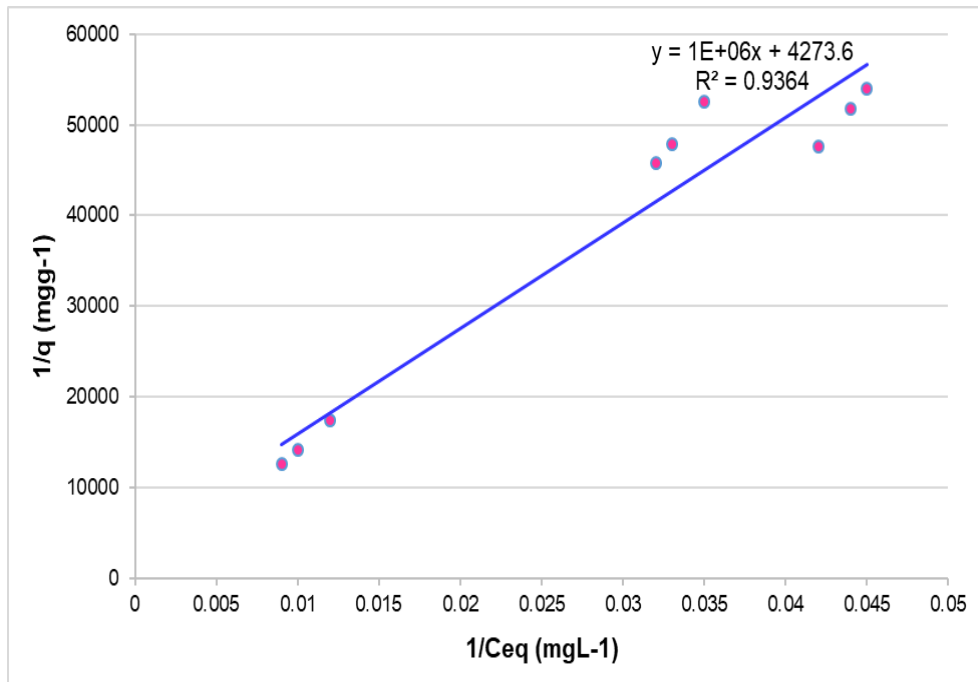


Figura 11: Ecuación de Langmuir correspondiente a tiempos de contacto (60, 90 y 120 min)

En la figura 11, se muestra la isoterma de Langmuir que nos da un coeficiente de correlación de $R^2 = 0.9364$. Y se observa la recta de la isoterma de adsorción donde se ajusta a las diferentes temperaturas (60, 90 y 120 min) de carbón activado, en unidades de logaritmo de la concentración de Pb retenido por gramo de carbón activado versus la concentración final de Pb después del tratamiento.

4.2. Prueba de hipótesis

4.2.1. Primera hipótesis específica

a) Las dosis de carbón activado influyen en la adsorción de plomo (II).

Hipótesis de investigación:

Ho: La dosis de carbón activado no influyen en la adsorción de plomo (II).

H1: La dosis de carbón activado influyen en la adsorción de plomo (II).

Hipótesis estadística:

Ho: No existen diferencias significativas entre los tratamientos.

H1: Por lo menos un tratamiento es diferente a las demás.

Significancia:

$\alpha = 0.05$

Prueba de normalidad:

Tabla 8: Prueba de normalidad para la dosis óptima

Shapiro-Wilk			
Dosis	Estadístico	gl	Sig.
1 g	1,000	3	1,000
1.5 g	,964	3	,637
3 g	,964	3	,637

Interpretación: Como Sig. es mayor en todos los casos a $\alpha=0,05$, entonces todos los subgrupos tienen distribución normal.

Estadístico de prueba:

Tabla 9: Prueba de análisis de ANOVA para la dosis de carbón activado

ANOVA					
Plomo_adsorbido					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,001	2	,000	170,462	,000
Dentro de grupos	,000	6	,000		
Total	,001	8			

Interpretación: Como Sig. = 0.000 y es menor que $\alpha=0.05$ entonces se rechaza la H_0 , por lo tanto, acepto la H_1 (**Por lo menos un tratamiento es mejor**).

Prueba Pos Hoc

Tabla 10: Pruebas Pos Hoc de las diferentes dosis de carbón activado

Plomo_adsorbido					
Subconjunto para alfa = 0.05					
	Dosis	N	1	2	3
Duncan	1 g	3	,06400		
	1.5 g	3		,07333	
	3 g	3			,08933
	Sig.		1,000	1,000	1,000

Conclusión: Dado que las diferencias no son tan significativas, la prueba Pos Hoc nos indica que el tratamiento de mayor remoción es con la dosis de 3 g de carbón activado,

la dosis de 1 y 1.5 son significativamente iguales para la adsorción. Por consiguiente, las dosis de carbón activado elaborado a partir de las semillas de eucalipto influyen en la adsorción de plomo (II) en la laguna Huascacocha. Con un nivel de confianza del 95%.

4.2.2. Segunda hipótesis específica

b) La temperatura influye en la adsorción de plomo (II).

Hipótesis de investigación:

Ho: La temperatura no influye en la adsorción de plomo (II).

H1: La temperatura influye en la adsorción de plomo (II).

Hipótesis estadística:

Ho: No existen diferencias significativas entre los tratamientos.

H1: Por lo menos un tratamiento es diferente a las demás.

Significancia:

$\alpha = 0.05$

Prueba de normalidad:

Tabla 11: Prueba de normalidad para la temperatura óptima

Shapiro-Wilk			
Temperatura	Estadístico	gl	Sig.
10 °C	,964	3	,637
15 °C	,964	3	,637
30 °C	,964	3	,637

Interpretación: Como Sig. es mayor en todos los casos a $\alpha=0,05$, entonces todos los subgrupos tienen distribución normal.

Estadístico de prueba:

Tabla 12: Prueba de análisis de ANOVA para la temperatura de carbón activado en la adsorción de Pb

ANOVA
Plomo_adsorbido

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,001	2	,001	271,286	,000
Dentro de grupos	,000	6	,000		
Total	,001	8			

Interpretación: Como Sig. = 0.000 y es menor que $\alpha=0.05$ entonces se rechaza la H_0 , por lo tanto, acepto la H_1 (**Por lo menos un tratamiento es mejor**).

Prueba Pos Hoc

Tabla 13: Prueba Pos Hoc de las diferentes temperaturas

Plomo_adsorbido					
Subconjunto para alfa = 0.05					
	Temperatura	N	1	2	3
Duncan	10 °C	3	,06133		
	15 °C	3		,07733	
	30 °C	3			,09033
	Sig.		1,000	1,000	1,000

Conclusión: Dado que las diferencias son significativas, la prueba Pos Hoc nos indica que el tratamiento de mayor remoción es con la temperatura de 30°C, los tratamientos con las temperaturas de 10°C y 15°C son significativamente iguales para la adsorción. Por consiguiente, la temperatura influye en el proceso de adsorción de plomo (II) en la laguna Huascacocha. Con un nivel de confianza del 95%.

4.2.3. Tercera hipótesis específica

c) El tiempo de contacto influye en la adsorción de plomo (II).

Hipótesis de investigación:

H₀: El tiempo de contacto no influye en la adsorción de plomo (II).

H₁: El tiempo de contacto influye en la adsorción de plomo (II).

Hipótesis estadística:

H₀: No existen diferencias significativas entre los tratamientos.

H₁: Por lo menos un tratamiento es diferente a las demás.

Significancia:

$\alpha = 0.05$

Prueba de normalidad:

Tabla 14: Prueba de normalidad del tiempo de contacto óptimo

Shapiro-Wilk			
Tiempo	Estadístico	gl	Sig.
60 min	,964	3	,637
90 min	,964	3	,637
120 min	,964	3	,637

Interpretación: Como Sig. es mayor en todos los casos a $\alpha=0,05$, entonces todos los subgrupos tienen distribución normal.

Estadístico de prueba:

Tabla 15: Prueba de análisis de ANOVA para el tiempo de contacto decarbón activado

ANOVA					
Plomo_adsorbido					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,002	2	,001	374,333	,000
Dentro de grupos	,000	6	,000		
Total	,002	8			

Interpretación: Como Sig. = 0.000 y es menor que $\alpha=0.05$ entonces se rechaza la H_0 , por lo tanto, acepto la H_1 (**Por lo menos un tratamiento es mejor**).

Prueba Pos Hoc

Tabla 16: Prueba Pos Hoc a diferentes tiempos de contacto

Plomo_adsorbido					
Subconjunto para alfa = 0.05					
	Tiempo	N	1	2	3
Duncan	60 min	3	,05133		
	90 min	3		,06167	
	120 min	3			,08467
	Sig.		1,000	1,000	1,000

Conclusión: Dado que las diferencias son significativas, la prueba Pos Hoc nos indica que el tratamiento de mayor remoción es a 120 minutos de tiempo de contacto, los tratamientos con los tiempos de 60 y 90 minutos son significativamente iguales para la adsorción. Por consiguiente, el tiempo de contacto influye en el proceso de adsorción de plomo (II) en la laguna Huascacocha. Con un nivel de confianza del 95%.

4.2.4. Hipótesis General

Mediante el método inductivo, las pruebas realizadas a cada hipótesis específica permitieron comprobar que el carbón activado elaborado a partir de las semillas de eucalipto es favorable para la adsorción de plomo (II) en la laguna Huascacocha.

4.3. Discusión de resultados

Los ensayos experimentales fueron realizados en un pH de 5, tal como menciona Mamani (2016), debido a que un pH ácido el área superficial del adsorbente aumenta gradualmente en la remoción del plomo (II). Esto debido a que al bajar de la competencia entre el protón y el ion metálico en la superficie y la disminución de la carga superficial positiva. Según (Tejada y otros autores, 2018), menciona en su investigación que la carbonización a 600 °C con ácido fosfórico influye en la capacidad de adsorción de plomo (II) lográndose la remoción de más del 50% con solo utilizar una dosis de 1 g. Por lo cual los resultados de la investigación para la adsorción de plomo (II) en la laguna Huascacocha se evidencian valores significativos de concentración de metales pesados siendo las semillas de eucalipto activado con ácido fosfórico (H₃PO₄) muestra favorables rendimientos.

La máxima eficiencia de la adsorción de Pb con una dosis de 3 g de carbón activado es 95.79%, lo cual se afirma lo indicado por Guevara (2018), donde menciona haber logrado la adsorción de 96.04% de plomo a la misma cantidad de dosis, sumado a ello Aguilar y Flores (2018) utilizando la cáscara de naranja como adsorbente en la eliminación de Pb obtuvo los porcentajes de adsorción de 74.16 % y 86.08% respectivamente.

Los resultados obtenidos referente al tiempo de contacto óptimo influyeron en la adsorción de Pb lográndose la saturación a los de 120 minutos con una remoción de hasta 90.53%, como indica Aguirre (2017), donde menciona un tiempo de saturación para el Pb de 120 minutos, estos resultados se consiguieron en una muestra donde se

usó la laguna Huascacocha, además el uso de la dosis fue de 3 g y elimino grandes cantidades de plomo (II) coincidiendo con lo indicado Aguirre (2017), donde dijo que la dosis es directamente proporcional a la reducción de metales pesados ya que hay mayor superficie sobre el carbón activado.

Los resultados obtenidos por las diferentes temperaturas influyeron en la remoción de plomo ya que como indica Porras y Franco (2019), el parámetro de la temperatura es muy importante para las reacciones en el proceso de adsorción. Sin embargo, Obregón (2015) menciona que la adsorción disminuye con el incremento de la temperatura, y que adsorbato tiene a decaer al entrar en contacto con altas temperaturas indicando que, a partir de los 30°C, la adsorción empieza a disminuir significativamente debido a que las fuerzas de atracción que existe entre el adsorbente y el adsorbato se debilitan por tanto la adsorción se vuelve débil. Por tanto, se puede observar que a partir de los 15°C hay una remoción mayor al 50% de plomo.

Los resultados de cada variable fueron evaluados con la ecuación de Langmuir, es el modelo cinético que se ajusta y describe mejor la cinética de adsorción de Pb. Tal y como menciona Juan moreno (2015) estableciendo que la adsorción está basada por las reacciones químicas, y que es el modelo que mejor se ajusta para la adsorción de Pb es el modelo cinético de Langmuir.

CONCLUSIONES

1. Se concluye que la adsorción de plomo (II) con carbón activado elaborado a partir de las semillas de eucalipto (*Eucalyptus globulus*), puede llegar a disminuir las concentraciones de plomo. Además, presentan buenas propiedades químicas y texturales debido a la activación química con ácido fosfórico a una temperatura de impregnación de 500 °C, los cuales indican que son factores con mayor influencia en las propiedades físico-químicos para realizar los tratamientos con carbones activados utilizando materia prima natural.
2. La dosis si influye en el proceso de adsorción de plomo (II) esto debido a que al aplicar una cantidad de 3 gr de carbón activado se logró remover hasta 95.79% lo que presenta un incremento al aplicar mayor cantidad de carbón activado. A comparación de las otras dosis de 1 y 1.5 g donde se observó la adsorción de plomo de 65.26% y 78.95% respectivamente, pero en menos porcentaje de remoción.
3. El tiempo de contacto contribuyen en la adsorción de plomo (II), ya que se observó que la mayor remoción se da en los 120 minutos, esto se puede observar en las figuras debido a que, a una dosis de 3 g de carbón activado por cada 500 ml de muestra, remueve hasta 90.53%, a diferencias de 60 y 90 minutos donde la remoción de plomo no se vio afectada significativamente. Sin embargo, se logró que las concentraciones de plomo (II) están por debajo de los Límites Máximos Permisibles establecidos por el D.S. N°004-2017-MINAM.
4. Las diversas temperaturas influyen en el proceso de adsorción, ya que tuvieron un rendimiento de hasta 96.84% para la remoción de plomo (II) a una temperatura de 30°C, en la laguna Huascacocha que significa una opción para aprovechar en la remoción de metales pesados de las descargas mineras sin tratamiento. Además, no se necesita altas temperaturas para poder realizar el proceso de adsorción, debido a que una de las restricciones es que el movimiento de las moléculas en la superficie del carbón activado favorece la adsorción a temperaturas menores a 30°C.
5. Las ecuaciones de las isotermas de adsorción, se obtuvo que en todos los tratamientos el que mejor se ajusta es el modelo de Langmuir por lo que nos

indica que la adsorción se lleva desarrolla en los centros activos homogéneos y equivalente en la energía de las áreas superficiales del carbón activado.

6. Mediante la cinética de adsorción se demostró que los tratamientos presentan resultados favorables. Para la influencia de la dosis se obtuvo un coeficiente de correlación de $R^2 = 0.9205$, la influencia de la temperatura con un coeficiente de correlación $R^2 = 0.8692$ y por último la influencia del tiempo de contacto con un coeficiente de correlación de $R^2 = 0.9364$. Considerando que el valor de R^2 , es mejor si el tratamiento se acerca a 1.

RECOMENDACIONES

1. Realizar estudios de adsorción de diversas materias primas naturales como semillas de aguaje y aceitunas que contengan cantidades de lignocelulosa para la remoción de metales pesados, de esta manera darles un uso como alternativas para proteger el medio ambiente.
2. Se recomienda evaluar la eficiencia de las diversas especies de semillas de eucalipto, para determinar la remoción de metales pesados.
3. Realizar estudios para el tratamiento de los residuos de carbón activado después de lograr la mayor saturación de las semillas de eucalipto, usándolos como fuente de energía, para ello es necesario realizar investigaciones de la generación de gases por la incineración de estos residuos.
4. Se recomienda implementar esta tecnología para el tratamiento de los efluentes mineros y realizar el análisis de adsorción para diversos metales pesados como Cr, Zn, Cd entre otros, así poder disminuir los impactos ambientales.
5. Realizar investigaciones de las características físicas y químicas para modificar las propiedades de la materia prima e incrementar la capacidad de adsorción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. GRANDEZ, Máximo. Remoción de cadmio y plomo en suelos a orillas del río Mantaro, Junín, mediante fitorremediación con girasol (*Helianthus annuus*) y maíz (*Zea mays*) usando enmiendas [online]. Lima: Universidad César Vallejo, 2017. Available from: http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/3537/Grandez_AMGA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
2. AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA (ANA). RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 072, 2016-ANA-DGCRH [online]. 2016. [Accessed 13 September 2020]. Available from: https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/rd_0072_2016_ana_dgcrh.pdf
3. PAZ, Enrique. Impacto geo ambiental generado por la minería en el área circunscrita al río San Juan- provincia de Pasco, departamento de Pasco [online]. Bachiller. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín, 2016. [Accessed 13 September 2020]. Available from: <http://bibliotecas.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/3020/GLpavae.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
4. GOOGLE EARTH. Google Earth [online]. [map]. 2020. Available from: <https://earth.google.com/web/@-11.59044702,-76.1015555,4414.40913176a,6268.26196502d,35y,131.83045688h,0t,0r>
5. ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL (OEFA). Resolución Directora/ N° 003-2014-OEFA/DS [online]. 2014. [Accessed 13 September 2020]. Available from: http://www.oefa.gob.pe/wp-content/uploads/2014/03/Untitled_2014033118175000.pdf
6. GUEVARA, Armando. Bioadsorción de plomo y cadmio mediante el uso de carbón activado proveniente de cascarilla de arroz en aguas de la Laguna Huascacocha, Yauli, Junín 2018 [online]. Lima: Universidad César Vallejo, 2018. [Accessed 13 September 2020]. Available from: http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/42846/Guevara_LA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
7. TEJEDA, Candelaria, VILLABONA, Ángel and GARCÉS, Luz. Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico. *Tecnología*. 2015. Vol. 18, no. 34, p. 109. DOI 10.22430/22565337.209.
8. VERA, Luisa, UGUÑA, Maria, GARCÍA, Nancy, FLORES, Maritza, VÁZQUEZ, Veronica and ALOMA, Inés. Desarrollo de materiales sorbentes para la eliminación de metales pesados de las aguas residuales mineras. *Afinidad* [online]. 2016. Vol. 73, no. 574. [Accessed 13 September 2020]. Available from: <https://www.raco.cat/index.php/afinidad/article/view/312048>
9. AGUILAR, Melizza and FLORES, Cinthya. Evaluación de la cáscara de naranja (*Citrus cinensis*) como material adsorbente natural de ion metálico Cu (II). Arequipa : Universidad Nacional de San Agustín, 2018.
10. OREA, U, MACHADO, E and GOMEZ, R. Estudio comparativo de la composición química de la corteza de tres especies de eucaliptos a tres alturas del fuste comercial. *Revista Ciencias Forestales*. 2006. P. 44–55.

11. SUN, María, OBREGÓN, Daniel, PINEDO, Ángela, PAREDES, Ana and AYLAS, Javier. Adsorción de metales pesados empleando carbones activados preparados a partir de semillas de aguaje. *Revista de la Sociedad Química del Perú*. 2014. Vol. 80, no. 4, p. 225–236.
12. ASIMBAYA, Cristopher, ROSAS, Nelly, ENDARA, Diana and GUERRERO, Víctor. Obtención de Carbón Activado a partir de Residuos Lignocelulósicos de Canelo, Laurel y Eucalipto. *Revista Politécnica*. 2015. Vol. 36, no. 3, p. 24–24.
13. VIZCANO, Lissette and FUENTES, Natalia. Biosorción de Cd, Pb y Zn por biomasa pretratada de algas rojas, cáscara de naranja y tuna. *Ciencia e Ingeniería Neogradina*. 2015. Vol. 25, no. 1, p. 43. DOI 10.18359/rcin.432.
14. MORENO, Juan Carlos and GIRALDO, Liliana. Preparación de carbón activado a partir de semilla de Eucalipto para la adsorción de compuestos fenólicos monosustituidos. *Afinidad* [online]. 2015. Vol. 72, no. 572. [Accessed 24 September 2020]. Available from: <https://www.raco.cat/index.php/afinidad/article/view/305571>
15. VERA, Vanessa and MOROCHO, Diego. Evaluación de adsorción de Pb y Hg en carbón activado proveniente de la cascarilla de arroz. Machala : Universidad Técnica de Machaal, 2015.
16. TEJADA, Candelaria, GALLO, Jorge, MOSCOTE, Jeison, VILLABONA, Angel and ACEVEDO, Diofanor. Adsorción competitiva de plomo y níquel sobre cáscara de ñame y bagazo de palma en sistema continuo. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 2018. Vol. 16, no. 1, p. 52. DOI 10.18684/BSAA(16)52-61.
17. CARRILLO, Brenda and CONTRERAS, Ada. Características y utilización de carbón activado para la eliminación de plomo (II) en el agua superficial de Zacatecas, México. *Biotecnología y Sustentabilidad* [online]. 2019. Vol. 4, no. 1. [Accessed 7 October 2020]. Available from: <http://148.217.50.37/index.php/biotecnologiaysust/article/view/686>
18. RODRÍGUEZ, Vanessa. Comparación de la capacidad de remoción de cromo (VI) con carbón activado elaborado a partir de cáscara de papa (*Solanum tuberosum*) activada químicamente con NaOH y ZnCl₂ en una muestra de agua residual proveniente del río Pasto [online]. Colombia: Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD, 2019. Available from: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/30757/verodriguezpa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
19. GARCÍA, Víctor, YIPMANTIN, Andrea, GUZMÁN, Enrique, MALDONADO, Holger and BORJA, Ale. Estudio de la cinética de biosorción de plomo (II) en alga *Ascophyllum nodosum*. *Revista de la Sociedad Química del Perú*. 2015. Vol. 81, no. 3, p. 212–223.
20. MAMANI, Rony. Bioadsorción de Pb (II) de las aguas del río Ayaviri, mediante el uso de salvado de cebada. Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2014.
21. AGUIRRE, Yola. Adsorción de metales pesados (Pb y As) con carbón activado a partir de semillas de eucalipto (*Eucalyptus globulus*). Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2017.

22. CAÑAZACA, Magaly and CCAMA, William. Biosíntesis de nanopartículas de hierro cero valente (NZVI) usando hojas de eucalipto (*Eucalyptus* sp.) para la remoción de cromo hexavalente. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín, 2017.
23. GUEVARA, Armando. Bioadsorción de plomo y cadmio mediante el uso de carbón activado proveniente de cascarilla de arroz en aguas de la Laguna Huascacocha, Yauli, Junín 2018. Lima: Universidad César Vallejo, 2018.
24. MAMANI, Wile, INOFUENTE, Wilmer, DE LA CRUZ, Diego, ZEA, Nelson and SALAS, Reinaldo. Adsorción de Metales pesados en aguas residuales de la Mina Lunar de Oro con carbón activado de lenteja de agua (*Lemna gibba* L.). Ñauparisun. 2019. Vol. 1, p. 8.
25. BITÓN, Dely and GONZALES, Mili. Revisión de la eficiencia del carbón activado de semillas de aguaje y eucalipto en el tratamiento de aguas contaminadas por Plomo [online]. Tarapoto: Universidad Peruana Unión, 2020. Available from: https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/UPEU/3274/Dely_Trabajo_Bachillerato_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y
26. SAMANIEGO, Cesar. Efecto de un incendio forestal en una plantación de *Eucalyptus globulus* Labill. subsp. *globulus* en Huaraz [online]. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina, 2013. [Accessed 7 October 2020]. Available from: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1762/K70-S187-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
27. D'ALESSANDRO, Manuel. Eucalipto. Flores [online]. 2016. [Accessed 8 October 2020]. Available from: <https://www.flores.ninja/eucalipto/>
28. EZEQUIEL, Di Marco. *Eucalyptus globulus* sp. *globulus* Labill (Eucalipto blanco) Familia Myrtaceae [online]. 2015. Dirección de Producción Forestal - MAGyP. [Accessed 7 October 2020]. Available from: <http://forestindustria.magyp.gob.ar/archivos/procedimiento-requerido-en-plantaciones/eucalyptus-globulus-sp-globulus-labill-familia-myrtace.pdf>
29. CABRERA, Daysy. Evaluación de la capacidad de biosorción de plomo (II) empleando biomasa vegetal inerte (tallo de rosas) como adsorbente [online]. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín, 2018. [Accessed 8 October 2020]. Available from: <http://bibliotecas.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/8217/FSMcachdy2.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
30. VERA, Ciro. Capacidad de adsorción de contaminantes químicos de aguas residuales utilizando piedra pómez (Pumicita). Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2006.
31. OBREGÓN, Daniel. Estudio comparativo de la capacidad de adsorción de cadmio utilizando carbones activados preparados a partir de semillas de aguaje y de aceituna. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2012.
32. BASILIO, Jaime. Predicción de la vida útil de chifles de plátanos (*Musa paradisiaca*) mediante modelos matemáticos [online]. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina, 2015. [Accessed 2 December 2020]. Available from: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1863/J11.B3-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

33. VÁSQUEZ, Edgar and GUADALUPE, Tania. pH: teoría y 32 problemas [online]. Primera edición. México: Universidad Autónoma Metropolitana, 2016. [Accessed 8 October 2020]. ISBN 978-607-28-0689-4. Available from: <http://www.cua.uam.mx/pdfs/conoce/libroselec/17pHTeoriayproblemas.pdf>
34. RODRÍGUEZ, Rubén. Calor y Temperatura [online]. 2016. [Accessed 8 October 2020]. Available from: https://www.apuntesmareaverde.org.es/grupos/cn/Temas_2/T9_2ESO_Calor_Temperatura_v2016.pdf
35. HERNÁNDEZ, Roberto. Metodología de la Investigación. 6ta. México : McGraw-Hill Education, 2014. ISBN 978-1-4562-2396-0.
36. CARRASCO, Sergio. Metodología de la Investigación. San Marcos. Perú : San Marcos, 2006. ISBN 9972-34-242-5.
37. AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA, ANA. Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales [online]. Lima, 2016. [Accessed 7 October 2020]. Available from: <https://www.dhn.mil.pe/Archivos/catalogospincam/PDF/14.pdf>
38. MINISTERIO DEL AMBIENTE, MINAM. DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM. 2017. El Peruano.