



**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO**

EVALUACIÓN DE BIOADSORBENTE DE NARANJA PARA LA REMOCIÓN DE  
PLOMO EN DRENAJE ÁCIDO DE LA EX UNIDAD MINERA HUAMPAR,  
HUANZA – HUAROCHIRI, 2024

**Línea de investigación:**  
**Tecnologías para residuos y pasivos ambientales. Biorremediación**

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

**Autora**

Rosas Tomas, Carmen Guadalupe

**Asesor**

Vásquez Aranda, Ahuber Omar

ORCID: 0000-0002-2873-6752

**Jurado**

Naupay Vega, Marlitt Florinda

Rivera Murillo, Jhoana Juliana

Altez Rodríguez, José Félix

**Lima - Perú**

**2025**



# EVALUACIÓN DE BIOADSORBENTE DE NARANJA PARA LA REMOCIÓN DE PLOMO EN DRENAJE ÁCIDO DE LA EX UNIDAD MINERA HUAMPAR, HUANZA – HUAROCHIRI, 2024

## INFORME DE ORIGINALIDAD

16%	15%	8%	2%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://repositorio.unfv.edu.pe">repositorio.unfv.edu.pe</a> Fuente de Internet	4%
2	<a href="https://repositorio.unfv.edu.pe:8080">repositorio.unfv.edu.pe:8080</a> Fuente de Internet	2%
3	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	2%
4	Sucari León, Anibal. "Efecto del compost de residuos orgánicos urbanos en la remediación del drenaje ácido de la ex unidad minera Aladino VI", Universidad Nacional del Altiplano de Puno (Peru) Publicación	1%
5	<a href="https://repositorio.uncp.edu.pe">repositorio.uncp.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
6	<a href="https://www.coursehero.com">www.coursehero.com</a> Fuente de Internet	<1%
7	Olivera Chura, Andres. "Evaluación ambiental del índice de calidad del agua del río Loripongo afectado por los pasivos ambientales de la mina Gavilán de Plata - Laraqueri - Puno.", Universidad Nacional del Altiplano de Puno (Peru) Publicación	<1%



**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO**

EVALUACIÓN DE BIOADSORBENTE DE NARANJA PARA LA REMOCIÓN DE  
PLOMO EN DRENAJE ÁCIDO DE LA EX UNIDAD MINERA HUAMPAR, HUANZA –  
HUAROCHIRI, 2024

**Línea de investigación:**

**Tecnologías para residuos y pasivos ambientales, Biorremediación**

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniería Ambiental

**Autor:**

Rosas Tomas, Carmen Guadalupe

**Asesor:**

Vásquez Aranda, Ahuber Omar

ORCID: 0000-0002-2873-6752

**Jurado:**

Naupay Vega, Marlitt Florinda

Rivera Murillo, Jhoana Juliana

Altez Rodríguez, José Félix

**Lima – Perú**

**2025**

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación, con todo mi esfuerzo y corazón, a mi querido padres; Carmen Tomas M. y Augusto Rosas B. por acompañarme en cada paso, por su apoyo incondicional y por creer en mí tanto como yo misma.

A mi hijo, mi motor y mayor inspiración. Por ti me levanto cada día con más fuerza, con el deseo firme de seguir adelante y construir un futuro que nos orgullezca.

A mis hermanos, por estar siempre presentes y especialmente a mi hermano César Rosas, por su apoyo incondicional y aliento en los momentos que más lo necesitaba.

Y a mí misma, por no rendirme, por seguir avanzando; por sostenerme en medio de las dificultades y por confiar en cada paso que he dado.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme fuerza y nunca soltar mi mano en los momentos difíciles.

A mi papá, por ser mi guía y apoyo incondicional en todo momento; sin ti, este trabajo no habría sido posible.

A mi mamá y hermanos por su cariño, apoyo y comprensión.

A los pobladores de Huanza, por su amabilidad y hospitalidad en cada visita realizada.

Al Dr. Omar Vásquez Aranda, mi asesor, por brindarme su orientación y disposición para concretar este estudio de investigación.

A Rosa Goicochea por su paciencia y valioso apoyo técnico durante toda la experimentación.

## ÍNDICE

Resumen.....	9
Abstract .....	10
I. INTRODUCCIÓN.....	11
1.1. Descripción y formulación del Problema .....	13
<i>1.1.1. Formulación del problema .....</i>	<i>13</i>
1.2. Antecedentes.....	13
<i>1.2.1. Antecedentes Internacionales .....</i>	<i>13</i>
<i>1.2.2. Antecedentes Nacionales .....</i>	<i>16</i>
1.3. Objetivos.....	19
<i>1.3.1. Objetivo General .....</i>	<i>19</i>
<i>1.3.2. Objetivos Específicos .....</i>	<i>19</i>
1.4. Justificación .....	19
<i>1.4.1. Justificación Teórica .....</i>	<i>19</i>
<i>1.4.2. Justificación Práctica .....</i>	<i>20</i>
<i>1.4.3. Justificación Metodológica .....</i>	<i>20</i>
1.5. Hipótesis .....	21
<i>1.5.1. Hipótesis general.....</i>	<i>21</i>
<i>1.5.2. Hipótesis específicas .....</i>	<i>21</i>
II. MARCO TEÓRICO .....	22
2.1. Bases Teóricas sobre el tema de investigación .....	22
<i>2.1.1. Historia de la Ex Unidad Minera Huampar S.A.....</i>	<i>22</i>

2.1.2. <i>Drenaje Ácido de Mina</i> .....	22
2.1.3. <i>Contaminación por Metales Tóxicos</i> .....	23
2.1.4. <i>Bioadsorbente</i> .....	24
2.1.5. <i>Bioadsorbente de Cáscara de Naranja "Citrus X Sinensis"</i> .....	27
2.1.6. <i>Jar Test o Prueba de Jarras</i> .....	29
2.1.7. <i>Marco Legal</i> .....	29
III. MÉTODO .....	32
3.1. Tipo de investigación.....	32
3.1.1. <i>Diseño de la Investigación</i> .....	32
3.2. <i>Ámbito temporal y espacial</i> .....	32
3.2.1. <i>Ubicación Política</i> .....	33
3.2.2. <i>Localización Geográfica</i> .....	34
3.3. Variables .....	36
3.4. Población y muestra.....	38
3.4.1. <i>Población</i> .....	38
3.4.2. <i>Muestra</i> .....	38
3.5. Instrumentos .....	39
3.6. Procedimientos .....	40
3.1.2. <i>Monitoreo del Drenaje Ácido de la ex unidad Minera</i> .....	40
3.1.3. <i>Características del Drenaje ácido de mina en laboratorio</i> .....	41
3.1.4. <i>Preparación del Bioadsorbente de cáscara de naranja</i> .....	42

3.1.5. <i>Dosificación del Bioadsorbente de naranja</i> .....	43
3.1.6. <i>Operación con el Equipo de Prueba de Jarras</i> .....	43
3.1.7. <i>Evaluación de variables de Parámetros Fisicoquímicos</i> .....	45
3.1.8. <i>Análisis Final</i> .....	46
3.7. <i>Análisis de Datos</i> .....	47
IV. RESULTADOS .....	48
4.1. <i>Caracterización del Drenaje Ácido de Mina (DAM)</i> .....	48
4.2. <i>Dosis óptima de bioadsorbente de Naranja para remoción de Plomo</i> .....	49
4.3. <i>Eficiencia del bioadsorbente de naranja en la reducción de plomo</i> .....	53
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	61
VI. CONCLUSIONES.....	63
VII. RECOMENDACIONES .....	64
VIII. REFERENCIAS.....	65
IX. ANEXOS .....	73

## ÍNDICES DE FIGURAS

Figura 1. Técnicas para lograr la extracción de metales pesados por bioadsorbentes .....	25
Figura 2. Mapa de ruta de la quebrada Cunay y sitios aledaños .....	33
Figura 3. Distribución poblacional aledaños a la ex unidad minera Huampar .....	34
Figura 4. Ubicación de puntos de muestreo en la Boca Túnel 142.....	35
Figura 5. Recolección de agua en la bocamina 1 “Boca Túnel 142” .....	38
Figura 6. Toma de muestra en la bocamina 1 “Boca Túnel 142” .....	41
Figura 7. Medición de pH, temperatura, conductividad eléctrica inicial de la muestra .....	41
Figura 8. Secado de las cáscaras de naranja en la estufa .....	42
Figura 9. Molienda del bioadsorbente de naranja.....	43
Figura 10. Funcionamiento de la prueba de jarras.....	44
Figura 11. Tomando las muestras para ser llevadas a la plancha de calentamiento .....	45
Figura 12. Manejo del equipo espectrofotómetro de absorción atómica.....	46
Figura 13. Gráfico de líneas para cada factor en la remoción de concentración de plomo (%) .....	57

## ÍNDICES DE TABLAS

Tabla 1. Contenido de Carbono, Hidrógeno, Nitrógeno y cenizas de material vegetal en residuo .....	27
Tabla 2. Características de la variable independiente .....	36
Tabla 3. Características de la variable dependiente .....	37
Tabla 4. Programación del equipo de jarras.....	44
Tabla 5. Resultados de la caracterización del DAM,.....	48
Tabla 6. Resultados de la concentración de plomo.....	49
Tabla 7. Resultados del % de remoción y Capacidad de adsorción.....	53
Tabla 8. Remoción de concentración de plomo (%) de las dosis y el tiempo de agitación para los bioadsorbentes de naranja de drenaje ácido de la ex unidad minera Huampar.....	55
Tabla 9. ANOVA para la remoción de concentración de plomo (%) en agua almacenadas por los bioadsorbentes de la naranja de drenaje ácido de la ex unidad minera Huampar .....	58
Tabla 10. Comparación de medias de Tukey para la remoción de concentración de plomo (%) en aguas almacenadas de los bioadsorbentes de la naranja de drenaje ácido de la ex unidad minera Huampar.....	59

## Resumen

El objetivo de la presente investigación fue evaluar la eficiencia del bioadsorbente de cáscara de naranja en la remoción de plomo (Pb) presente en el drenaje ácido de mina (DAM) de la unidad minera Huampar, ubicada en el distrito de Huanza, provincia de Huarochirí, en el año 2024. El estudio fue de tipo experimental, con enfoque cuantitativo y metodología aplicada. Inicialmente se caracterizó el efluente, obteniéndose valores de pH 4.27, temperatura 15.1 °C, conductividad 184.0  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y concentración de plomo de 0.321 mg/L, los cuales fueron comparados con los límites máximos permisibles establecidos por la normativa ambiental. El bioadsorbente se preparó a partir de cáscara de naranja seca y se aplicó a diferentes dosificaciones (0.5 g, 1.0 g, 1.5 g, 2.0 g y 2.5 g) y tiempos de contacto (60, 90 y 120 minutos). Los resultados mostraron que la mayor eficiencia de remoción se obtuvo con una dosis de 1.5 g y un tiempo de contacto de 60 minutos, logrando una remoción de plomo del 69.26%. Asimismo, se observó una mejora en la calidad del efluente, evidenciada por el incremento del pH. En conclusión, la cáscara de naranja demostró ser un bioadsorbente viable y sostenible para la remoción de plomo en efluentes mineros ácidos.

*Palabras clave:* Bioadsorción de naranja, plomo, drenaje de mina, remoción de metales pesados.

### **Abstract**

The objective of this research was to evaluate the efficiency of the orange peel bioadsorbent in the removal of lead (Pb) present in the acid mine drainage (AMD) of the former Huampar mining unit, located in the district of Huanza, province of Huarochirí, in the year 2024. The study was experimental, with a quantitative approach and applied methodology. Initially, the effluent was characterized, obtaining values of pH 4.27, temperature 15.1 °C, conductivity 184.0  $\mu\text{S}/\text{cm}$  and lead concentration of 0.321 mg/L, which were compared with the maximum permissible limits established by environmental regulations. The bioadsorbent was prepared from dried orange peel and applied at different dosages (0.5 g, 1.0 g, 1.5 g, 2.0 g and 2.5 g) and contact times (60, 90 and 120 min). The results showed that the highest removal efficiency was obtained with a dosage of 1.5 g and a contact time of 60 minutes, achieving a lead removal of 69.26 %. Likewise, an improvement in effluent quality was observed, evidenced by the increase in pH. In conclusion, orange peel proved to be a viable and sustainable bioadsorbent for lead removal in acid mine effluents.

*Key words:* Orange bioadsorbent, lead, acid mine drainage, heavy metal removal.

## I. INTRODUCCIÓN

Los metales pesados están en todo nuestro entorno; sin embargo, la contaminación por metales tóxicos en los recursos hídricos es de mayor preocupación a nivel global. El equipo de comunicación de Aconsa; encargados de realizar análisis en Barcelona; realizaron una recopilación de información indicando en su revista “la preocupación más grande a nivel mundial es la seguridad alimentaria y salud pública; que están siendo afectados al aumento de metales pesados en los recursos hídricos” (Aconsa, 2021). Estos elementos pesados son definidos por sus propiedades metálicas y de alta densidad, llegando a ser altamente tóxicos al ecosistema, generando alteraciones en sus propiedades del agua, tal como indica el artículo de fondo para la comunicación y la educación ambiental de México; “el contaminante plomo es más tóxico y absorbente en el organismo que puede provocar ceguera, amnesia, raquitismo, miastenia hasta la muerte” (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2022). Esta información es recopilada de varios estudios científicos que se generaron por industrias mineras, fábricas industriales, en general que conllevan pinturas que a los años se despliegan llegando al ecosistema. Dentro de las directrices de la Organización Mundial de la Salud en el 2021 (Laborde, 2022), recomienda que la concentración de plomo presente en la sangre de los niños debe ser menor a  $5\mu\text{g}/\text{dl}$ , siendo su nivel tolerante; generando la preocupación de contaminación en su organismo debido al mismo ambiente.

El séptimo informe de estadística ambiental realizado en junio del 2024; realizados por (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2024); dio a conocer los resultados de los contaminantes en el agua que vienen por relaves mineros, pasivos ambientales, aguas servidas, desagüe, pesticidas y plaguicidas; dentro de los resultados realizados en el río Rímac se obtuvo como valores de plomo en un promedio de  $0.048\text{ mg}/\text{l}$  y el máximo valor de  $0.952\text{ mg}/\text{l}$  llegando a ser un aumento de 57.8% del año 2023; estos resultados generan una preocupación para el Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL), como

se sabe según el Decreto Supremo N° 004-2017 (INEI, 2024). Este documento nos indica que los ríos encontrándose en la categoría 4 y en la costa, poseen una aceptable de plomo de 0.0025 mg/l; dejando entrever que dentro de la planta de tratamiento que presenta el Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima; deben realizar tratamientos para reducir los metales pesados. Según ciertos estudios, en apoyo con la Unicef de Perú, se indicó en una entrevista que uno de tres niños posee las concentraciones de plomo en la sangre superior a su tolerancia que es 5µg/dl, siendo de preocupación en el país la contaminación por el metal plomo (Diallo, 2020).

La ex unidad minera Huampar, ubicado en el distrito de Huanza, provincia de Huarochirí; encargada de la extracción de minerales, especialmente oro hace más de 30 años atrás, utilizando métodos que generaron impactos ambientales significativos. Tras el cierre de las actividades mineras, la zona quedo expuesta por problemas ambientales siendo el mayor desafío el drenaje ácido; debido a los residuos mineros que entran en contacto con la superficie del agua, la comunidad intento realizar esfuerzos para su mitigación sin embargo no se ha realizado un tratamiento adecuado durante largo plazo; siendo notificado por El Ministerio de Energía y Minas (MINEM) dentro del inventario de pasivos ambientales (PAM). Dentro de ello; en la subcuenca que se encuentra en el río Santa Eulalia se identificaron 110 pasivos ambientales mineros, de las cuales, 25 se localizan en el distrito de Huanza, proveniente de la ex unidad minera C.M. HUAMPAR S.A. Estas son principales causantes de la desertificación del suelo, contaminación del recurso hídrico y diversos componentes del ecosistema y la población (Ministerio de Energía y Minas [MINEM], 2023). El 1 y 2 de abril del 2022, se llevó un monitoreo en el río Santa Eulalia, por el Organismo de la evaluación y fiscalización ambiental (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental [OEFA], 2022) en la cual se encontró altamente tóxicos en las aguas; de plomo y arsénico esto debido a la ex UM Huampar que se paralizó ya hace 20 años, por ello se solicitó declarar en estado de emergencia al ministerio del ambiente por parte de los pobladores, siendo muy preocupante ya que es el

principal afluente al río Rímac, llegando a todos los pobladores por medio del Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima.

## **1.1. Descripción y formulación del Problema**

### **1.1.1. Formulación del problema**

#### **Problema General**

- ¿Cómo es el tratamiento con bioadsorbente de Naranja para la remoción de plomo en drenaje ácido de la ex unidad minera Huampar, Huanza – Huarochirí, 2024?

#### **Problemas Específicos**

- ¿Cómo es la característica fisicoquímica del drenaje ácido de la ex unidad minero Huampar, Huanza – Huarochirí, 2024?
- ¿Cuál es la dosis óptima de bioadsorbente de naranja que permite remover las concentraciones de plomo del Drenaje Ácido en la ex unidad minera Huampar?
- ¿Cuál es el porcentaje de eficiencia del tratamiento con bioadsorbente de naranja en la reducción de plomo del Drenaje Ácido en la ex unidad minera Huampar?

## **1.2. Antecedentes**

### **1.2.1. Antecedentes Internacionales**

Rahman et al. (2023) en su artículo “Investigación de adsorción eficiente de metales pesados tóxicos: cromo, plomo y cadmio del medio acuático utilizando celulosa de cascara de naranja como adsorbente” tuvieron de objetivo utilizar el desecho agrícola como una principal fuente de adsorbente para la disminución o eliminación de metales tóxicos en aguas residuales; en la cual consta del lavado de las cascara de naranjas y su secado para ser triturados, ante ello se lleva a una estufa de 70°C para eliminar todo tipo de humedad; dicho polvo se coloca en un matraz 90g divididos en 3 de 30g con 150ml de alcohol etílico, 75ml de NaOH 0.8M y 75ml de CaCl; se conservó a temperaturas constante y se llevó a un espectroscopia FT-IR obteniendo

como resultados se haya que la máxima bioadsorción del  $\text{CrO}_4^{2-}$  con el PH 3-5, en el  $\text{Cd}^{+2}$  está en el PH 3-8 y en el  $\text{Pb}^{+2}$  en el PH de 4, estos resultados se dan con dosis de 20 a 100mg con un tiempo de contacto de 24 horas; luego son llevados al espectroscopia de infrarroja de las muestras tratadas y no tratadas en un onda de longitud de  $400 - 4000 \text{ cm}^{-1}$  a 160rpm por 12 horas continuas en conclusión se obtiene que el PH 4 de manera decreciente es el que elimina los metales; comprobando que, en la eliminación de metales, hay un 97% de viabilidad.

Abbey y Ifelebuegu (2023) en su artículo de investigación “Residuos de cascara de naranja modificada como material sostenible para la adsorción de contaminantes” tienen como objetivo la comprobación de la bioadsorción de la pectina que se encuentra presente en la cáscara de naranja. Esto se realizó a través de cascara de naranjas secas que se lavan y seca en estufa de  $75^\circ\text{C}$  durante 48 horas, se muele y tamiza para luego agregar la solución NaOH y etanol; de tal manera que se elimina el color con el etanol; para finalmente ser llevados en un espectro infrarroja; instrumento que se lleva una longitud de onda a temperaturas elevadas; se inicia en  $3290.87\text{cm}^{-1}$ ; que se genera de manera asimétrico y simétrico en un pico de  $2921.63\text{cm}^{-1}$  en la cual se comienza a formar diferentes bandas que demuestran los grupos funcionales. Obtuvieron como resultado de  $300^\circ\text{C}$  y  $500^\circ\text{C}$  durante 1 hora y observaron que la pectina tiene el componente principal de adsorción, concluyendo que las propiedades estructurales de la piel de naranja tienen alta absorción por bioadsorción.

Aziz et al. (2022) en su investigación titulada “Eliminación eficiente de plomo y cromo de medios acuosos utilizando nanocompuestos a base de selenio respaldados por cascara de naranja” buscaron evaluar la eficiencia y eficacia del nanocompuesto de cascara de naranja y selenio. Ello consistió en obtener polvo de cascara de naranja para combinar el polvo adsorbente con NaOH se lleva una velocidad de 200 rpm durante 7 horas. Luego lavaron con agua desionizada para obtener el pH neutro y se trata con HCL 2M durante 25 – 30 minutos con una temperatura de  $80^\circ\text{C}$ . Por otro lado, la síntesis de nanocompuesto de selenio, se realizó

a través del método precipitación y reducción química, selenito de sodio y ácido ascórbico en relación de 1:4; se lleva a un agitador magnético por 30 minutos y se observa el cambio de color a rojo, se centrifuga a 3000rpm y se seca a 40°C. Esta nueva solución se mezcló con la harina de cascara de naranja a una temperatura constante y el producto obtenido es llamado OP/Se. Finalmente, llevaron al microscopio electrónico para estudiar su morfología de la superficie obteniendo como resultado que el efecto de adsorción aumenta con el potencial de hidrógeno de ácido como básico, pasando el PH 8 el porcentaje de adsorción aumenta, hasta 8.5 que reacciona precipitadamente. Así, comprobaron el modelo isotérmico: a mayor temperatura, mayor adsorción.

Silva et al. (2022) en su artículo de investigación “Uso de cascara de naranja *Citrus sinensis* en la bioadsorción de metales potencialmente tóxicos de los recursos hídricos mediante ICP-OES” evaluaron el uso de cascara de naranja como absorbente. Para ello, utilizaron 0.5g en cada solución que contiene los metales pesados como (Pb, Fe, Zn, Ni y Mn) de 25ml de agua contaminada con una agitación de 60 minutos, para ser llevados a un ICP-OES. Sus resultados indicaron que las eficacias en la eliminación de las bajas concentraciones de los metales oscilaron entre 78.7% - 95.1%, a excepción del hierro, donde se obtuvo 5.9%. La eficacia de la mayor concentración de metales pesados osciló entre 64.3% - 96.5%, siendo el más bajo el hierro. Así, comprobaron que en bajas concentraciones de plomo se elimina el 95.1% y en altas concentraciones de plomo se elimina el 96.7%, lo cual indicó que la cascara de naranja tiene una afinidad mayor en adsorción con el plomo y níquel y es demasiado eficiente con el hierro; en consecuencia, una alternativa óptima para eliminar el plomo y el níquel de los residuos líquidos industriales en bajas y altas concentraciones.

Lucín y Ramírez (2021) en su investigación desarrollada “Evaluación de bioadsorbente de cascara de naranja y mandarina en aguas estuarinas con presencia de cadmio y plomo” tuvieron como principal objetivo evaluar la eficacia de bioadsorbente de la cáscara de naranja

y mandarina en aguas estuarinas de Guayaquil con presencia de plomo y cadmio y a partir de esto se realizaron 3 tratamientos de las cáscaras de naranja y mandarinas con 4 repeticiones; cada uno de 60g de la biomasa con 500 ml de NaOH 0.2M y 500 ml de CaCl<sub>2</sub> 0.2M con una agitación de 200rpm por 2horas. Los resultados cambiaron los PH según las dosis, en la cascara de naranja y mandarina los PH y turbidez con las dosis se mantuvieron similarmente iguales el cadmio que se encontraba sin tratamiento era de 0.003 mg/l con la cáscara de naranja se concluye que el porcentaje de adsorción para la eliminación de cadmio es de 66.66% con cascara de naranja y con la mandarina varía según la dosis y respecto al plomo dio mejor porcentaje de adsorción en un PH 4 con 95%.

### **1.2.2. Antecedentes Nacionales**

Ricse y Naula (2024) en su investigación “Evaluación del tiempo de contacto y la dosis de los coagulantes *Citrus limon* y *Citrus x sinensis* en el tratamiento de aguas superficiales” plantearon como objetivo principal evaluar el efecto de la dosis y el tiempo en la eliminación del parámetro color y el parámetro turbidez en el proceso de coagulación con *Citrus limon* y *Citrus x sinensis* en el tratamiento de las aguas superficiales. Con una metodología empleada de determinación de parametros *in situ* para ser llevados a laboratorio y preparación del coagulante; para ello se siguió el procedimiento de lavado, el cual retira la impureza, el corto en trozos pequeños para ser secado y finalmente el tamizado; para finalmente ser vertido en 9g del polvo del *Citrus x sinensis* vertiendose en 300 ml dela muestra de agua siendo agitada a 150rpm por 10 minutos en una mezcla rápida hasta estabilizar la muestra; en otro vaso, igualmente, se agita 40rpm por 90 minutos y 120 minutos; para, finalmente, ver el tiempo de reposo con el equipo turbidimetro. Se obtuvo como resultado la remoción de turbidez en un 93.60%, 93,74% y 94.67%, generando la conclusión que el tiempo de contacto con la remoción tienen una proporción directamente proporcional.

Carbajal y Mendoza (2021) en su trabajo titulado “Reducción de la concentración de metales pesados por adsorción mediante cascara de naranja en efluentes captados por la PTAP Emapa Chancay S.A.C.” tuvieron objetivo de evaluar la eficiencia del polvo de la cáscara de naranja para la remoción de los metales tóxicos (hierro y plomo) en el tratamiento de aguas del río Huaral, Chancay 2021. Se llevó a cabo un diseño de ensayo y error de pruebas, que consiste en test de jarras por un sistema de lotes, que se llevó a un pH 5 a una temperatura de 24°C y por medio de la técnica ASS con 5ml de HNO<sub>3</sub> para hallar la concentración de plomo y hierro, por otro lado el polvo de cascara de naranja se combina con NaOH 0.2M y CaCl<sub>2</sub> 0.2M ambos se agita a 200rpm por 24 horas para comenzar con las 3 muestras de cada uno con 3 dosis (2.5, 5 y 10) y se obtuvo de resultado de concentración inicial 1.64 mg/l Fe y 0.01503 mg/l de Pb con el NaOH se obtuvo (0.76, 0.59 y 0.50)mg/l de Fe con CaCl<sub>2</sub> se obtuvo (0.1, 0.12 y 0.1)mg/l de Fe; mientras que con NaOH se obtuvo (0.01260, 0.01166, 0.01295)mg/l de Pb con CaCl<sub>2</sub> se obtuvo (0.00310, 0.00285 y 0.00273)mg/l de Pb generando la conclusión que el porcentaje es viable en un 95% para ambos metales pesados teniendo un 70% de remoción con el plomo y 40% de remoción del hierro.

Collantes (2019) en su trabajo denominado “Capacidad Bioadsorbente de plomo de la cáscara de naranja (*Citrus sinensis* L. Osbeck) y la vaina de taya (*Cesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze)” determinó la eficiencia del bioadsorbente del polvo de la cáscara de naranja y la vaina de taya y el porcentaje de remoción de plomo a través de la metodología de combinación de soluciones, que consiste en combinar nitrato de plomo a 1000ppm de concentración; con 3 diferentes concentraciones de los bioadsorbente en (0, 50, 100 y 150) ppm utilizando HCL para regular el PH a 4.5 todo mediante un tanque de 4L con un motor que genera un flujo de velocidad de 5ml/min para obtener resultados después de 120 minutos en el orden correspondiente se genera (0, 0.497, 0.997 y 1.491) mg/g de plomo con bioadsorbente de cascara de naranja mientras que con la vaina de vainita se obtuvo (0, 0.433, 0.832 y 1.422)mg/g

que corresponde en una efectividad de 99.41% a de la cascara de naranja y un 94.79% de la vainita generando la conclusión que tiene una efectividad alta el polvo de la cáscara de naranja en la remoción en comparación de la cáscara de la vainita.

Calixto y Gaona (2019) en su trabajo desarrollado “Biosorción de plomo II con cáscara de naranja (*Citrus cinensis*) aplicado a efluentes acuosos” con el principal objetivo de poder realizar el proceso de biosorción de Pb (II) de vertimientos acuosos, empleando el polvo de la cáscara de naranja con una metodología de manera deductiva a través de software de Excel y Minitab; se utilizó 153 g de biomasa en una bomba de alimentación de 3.5L/min durante 2 horas y a través del método de espectrometría de absorción atómica se obtuvo los parámetros en Minitab 2018; esto generó un gráfico de PH en los 3 tiempos de cada 2 horas; siendo el mayor PH 8 en un menor porcentaje de tiempo, en un PH de 5 es la mayor remoción debido a su acercamiento al PH neutro; siendo un mayor porcentaje de remoción con 2.2L/min. Las preparaciones de solución plomo de 60, 80, 100, 120 y 140 ppm a través del equipo de AAS, teniendo el volumen de 1.41 L y la masa de biomasa de 153 g; se logra un porcentaje de disminución de plomo (II) de 91.8%, con una capacidad de biosorción de 0.85 mg/g para un volumen de efluente de 4 L.

Ambrosio y Lara (2019) en su investigación desarrollada “Consortio de biofiltro (*Eichhornia crassipes* y cascara de naranja, residuos de maíz y agregados) para la reducción de arsénico y plomo en el agua potable de Pasco – 2019” tuvieron como objetivo principal determinar la eficiencia del biofiltro (*Eichhornia crassipes*) cascara de naranja, residuos de maíz y agregados en la remoción de Plomo y Arsénico en el agua potable de pasco; a través de la metodología ensayo y error que consiste en la construcción del biofiltro de base para añadir las biomasa de cascara de naranja se usó 5kg, panca de 2kg y coronta de maíz 3kg todos en un contenedor con una especie vegetal (jacinto de agua) dejando reposar en 6 días; cada día fue usado obteniendo de resultado en la muestra inicial tenía 0.028 y 0.019 mg/L de arsénico y

plomo respectivamente, variando en cada día se obtuvo (0.025, 0.021, 0.017, 0.014, 0.012 y 0.010) mg/L de arsénico y (0.016, 0.015, 0.013, 0.011, 0.010 y 0.009) mg/L de plomo generando una conclusión final que se obtiene la reducción final de 64.3% de reducción de arsénico y un 52.6 % de plomo, siendo no tan viable para el plomo debido a que depende más de la cascara de naranja debido a la pectinas que poseen.

### **1.3. Objetivos**

#### ***1.3.1. Objetivo General***

- Evaluar el tratamiento con bioadsorbente de naranja para la remoción de plomo en drenaje ácido de la ex unidad minera Huampar, Huanza – Huarochirí, 2024.

#### ***1.3.2. Objetivos Específicos***

- Caracterizar el drenaje ácido de la ex unidad minera Huampar, Huanza – Huarochirí, 2024.
- Estimar la dosis óptima de bioadsorbente de naranja que permita remover las concentraciones de plomo del Drenaje Ácido en la ex unidad minera Huampar.
- Determinar el porcentaje de eficiencia del tratamiento con bioadsorbente de naranja en la reducción de plomo del Drenaje Ácido en la ex unidad minera Huampar.

### **1.4. Justificación**

#### ***1.4.1. Justificación Teórica***

El trabajo de investigación se justifica de secuencias de procedimientos ya desarrollados de diversas técnicas de investigaciones para obtener la biomasa del bioadsorbente de naranja. Asimismo, el procedimiento se fundamentará en el análisis de datos probabilísticos y su interpretación a través de gráficos del programa Minitab. Con ello se pretende desarrollar métodos efectivos y sostenibles para la disminución de metales tóxicos; como el plomo en el drenaje ácido de minas; de tal manera, se permitirá conocer el proceso para empresas o

consultoras interesadas en buscar un método a bajo costo. Además, permite ser replicada por cualquier organización de investigación, sobre todo, por aquellas relacionadas a actividades educativas del sector público o privado.

#### ***1.4.2. Justificación Práctica***

La presente investigación se justifica para contribuir con el tratamiento de aguas con metales pesados a bajo costo para la eliminación de plomo en drenaje ácido de minas; beneficiando en los centros poblados que son afectados por la contaminación, de tal manera se le da una importancia al uso del residuo de cascara de naranja; contribuyéndole un valor agregado. De tal manera permite conocer la reducción del porcentaje de los niveles de concentración a través del uso del bioadsorbente; generando un beneficio a los pobladores para evitar problemas de salud y revalorizando los residuos provenientes de la cáscara de naranja.

#### ***1.4.3. Justificación Metodológica***

El presente estudio empleó una metodología de tipo aplicada, buscando soluciones que puedan optimizar el sistema de tratamiento de aguas residuales; el nivel de la investigación del estudio fue explicativo y experimental, buscando evaluar la eficiencia del bioadsorbente de naranja para la eliminación de plomo en drenaje de ácido de la ex unidad minera Huampar; su diseño presenta un enfoque cuantitativo, ya que, se realizaron estudios basados en probabilidades estadísticas por medio de la evaluación de los parámetros fisicoquímicos, para evaluar el porcentaje de adsorción de plomo en drenaje ácido de la ex unidad minera Huampar; además se empleó el test de jarras como método para facilitar la simulación de pequeña escala del proceso de tratamiento; siendo beneficioso para las comparación de las variables como el tiempo de contacto y dosis óptima de bioadsorbente de naranja.

## **1.5. Hipótesis**

### ***1.5.1. Hipótesis general***

- El tratamiento con bioadsorbente de naranja remueve las concentraciones de plomo en drenaje ácido de la ex unidad minera Huampar, Huanza – Huarochirí, 2024.

### ***1.5.2. Hipótesis específicas***

- La caracterización de los parámetros fisicoquímicos supera los LMP en el drenaje ácido de la ex unidad minera Huampar.
- Existe una relación entre la dosis óptima de bioadsorbente de naranja con la remoción de plomo en el drenaje ácido de la ex unidad minera Huampar.
- El tratamiento con bioadsorbente de naranja presenta un elevado nivel de eficiencia en la reducción de plomo del Drenaje Ácido en la ex unidad minera Huampar.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Bases Teóricas sobre el tema de investigación

#### 2.1.1. *Historia de la Ex Unidad Minera Huampar S.A*

La ex UM Huampar era un depósito polimetálico de materiales de oro, plata y zinc; ubicado en la zona sur del Perú; con 1450 de hectárea de área fundada desde 1956 con 35 años de explotación minera; hasta que cesó por falta de energía. Sin embargo; continuaba de manera intermitente desde 1991 hasta el año 2000; suministrada de la central hidroeléctrica callahuanca con 584 kw de potencia la misma que proporciona a las ciudades de lima; el ritmo promedio de producción después del 2000 fue de 800 a 1000 TPD (Fernández, 2019).

#### 2.1.2. *Drenaje Ácido de Mina*

Conocido como DAM, es un proceso de oxidación que conlleva a contaminar el agua por la explotación de yacimientos mineros de forma superficial y subterránea teniendo altas concentraciones de iones de hierro, aluminio, plomo, manganeso, entre otros iones de H. Esto genera que el PH disminuya en el cuerpo hídrico, La alta contaminación se debe a la incorporación de sustancias nocivas para generar una fuente de calor en las propiedades físicas y químicas (Salas et al., 2020).

**2.1.2.1. Características de los Drenajes Ácido de Mina.** El drenaje ácido de mina se caracteriza por tener las siguientes características según el pH, contenido de oxígeno y metales pesados:

- Tienen valores de pH en un rango de 2 – 9.
- Contienen aniones y cationes en disolución < 1 a 100 000 mg/L.
- Concentraciones elevadas de Fe, SO<sub>4</sub>, Al y Mn y otros iones.
- Alto contenido de Metales pesados.
- Bajo contenido de oxígeno (Salas et al., 2020).

**2.1.2.2. Técnica de Tratamiento de Drenaje Ácido de mina.** Las técnicas de tratamiento se basan según un estudio de las partículas de la zona y las características que debe cumplir el efluente, el caudal y volumen a tratar, las condiciones que debe presentar el medio como la altitud, el clima, entre otros (Alfonso et al., 2021).

- **Tratamientos Pasivos.** – No requieren reactivos químicos ni energía para su operación; comúnmente son usados; los humedales artificiales, barreras reactivas permeables, lagunas de sedimentación, entre otros.
- **Tratamiento Activos.** – Requieren de una energía de origen externo y constantes reactivos para su uso de mano de obra; son más costosos y generan un buen aporte en la oxigenación; los más usados son: sistema de aireación, neutralización, hidrólisis, tratamientos de membranas, entre otros.

### **2.1.3. Contaminación por Metales Tóxicos**

**2.1.3.1. Efectos de los metales pesados.** Siempre la población se va encontrar expuesta por metales pesados, pero en mayor cantidad generan problemas al organismo humano debido a que se relacionan rápido con las proteínas, molécula de ADN y enzimas; generando toxicidad en el funcionamiento del cuerpo humano; la mayor preocupación es con los metales: Cadmio, plomo, arsénico y cromo capaces de embullarse pese al ácido estomacal, estos metales son los inhiben la función de las enzimas y proteínas; generando bajas defensas en el cuerpo humano (Meléndez, 2022).

A tener en cuenta que la cantidad de plomo según el D.S. N° 004-2017 MINAM es de 0.01 mg/L hasta 0.05 mg/L según el tratamiento a usarse; esto quiere decir que el agua tiene cantidad mínimas de compuestos inorgánicos; sin embargo, pasando la cantidad expuesta en los estándares presentes en la calidad ambiental para Agua. En base a la OMS (2022), la exposición a concentraciones de plomo en el agua potable puede dar como resultados: daños

al cerebro, sistema nervioso; alteraciones del crecimiento y desarrollo lento; y en niños problemas al aprendizaje y conducta; incluso a niveles inferiores en la sangre generan daños perturbadores en la persona; generalmente las cantidades de plomo son proporcionadas de las grandes industrias que general un mal tratamiento previo antes de ser vertidos al río.

El cambio en los parámetros del agua, aunque no solo provienen de las industrias. Según Moncayo y Zambrano (2018), el agua se puede generar de plomo a través de falta de mantenimiento de las tuberías antiguas ya sea hecho de plomo o de latón y accesorios que conectan el agua con la tubería, generalmente las válvulas son de latón; que pueden introducir el plomo al agua potable.

#### **2.1.4. Bioadsorbente**

Proceso que convierte de fase sólida a un bioadsorbente que disuelto en fase líquida genera retención de metales pesados; a través de principio de atracción y unión de sitios activos.

Existe dos tipos de adsorción con respecto a la interacción entre sorbato y adsorbente;

- Adsorción Física: Forman multicapas de bajas temperaturas liberando el calor, modificando los puentes de Van der Waals.
- Adsorción Química: Alta energía en la superficie, activando la entalpia siendo exotérmica; ocurre en altas temperaturas y se enlazan con la superficie.

## Figura 1

*Técnicas para lograr la extracción de metales pesados por bioadsorbente*



*Nota. Tomado de Rubio, 2024*

En general se define como un sistema que adsorbe de manera natural a los compuestos inorgánicos de soluciones acuosas; sin requerir ambientes estériles ni condiciones especiales (Rubio, 2024).

**2.1.4.1. Tipos de Bioadsorbente.** Existen los siguientes dos tipos de bioadsorbente: Clasificadores y Motivadores. Estos se diferencian por los materiales de sustancias. Los clasificadores son de origen microbiano, siendo de foto remediadores o zoos remediadores que se pueden mantener y juntar; mientras que los motivadores son de bajos costes capaces de lograr la adsorción de iones metálicos; las biomazas pueden ser bacterias, mohos y algas; las escorias agrícolas también ingresan con las cáscaras de vegetales y frutas, siendo las biomazas más requeridas (Izaguirre y Vásquez, 2021).

**a) Parámetros que Influyen en la Bioadsorción.** Todos los procesos de bioadsorbente tienen factores que influyen en el proceso, tal como nos menciona (Hinostroza et al., 2022).

- Temperatura. - Influye de manera directamente proporcional, ya que se entrelaza con la termodinámica del proceso, a menor calor de reacción exotérmica del proceso, las bajas temperaturas favorecen el proceso.

- **pH.** – La acidez influye sobre la carga de la superficie; en la cantidad de retención de cationes como aniones; el mejor proceso se encuentra superior a 4.5 y aniones entre 1.4 y 4.
- **Tamaño de Partícula.** – No afecta directamente, pero la capacidad aumenta si es reducido el tamaño de la partícula; debido a menor tamaño mayores poros y nivel de contacto.
- **Tiempo de equilibrio.** – Es la cantidad necesaria para alcanzar el estudio cinético de bioadsorción; siendo el factor de mayor importancia dentro de la naturaleza del proceso.

*b) Modelos de Adsorción.* Según Hinostroza et al. (2022), la adsorción tiene una relación estrecha entre el adsorbato en solución y moléculas adheridas que generan isothermas; generando dos modelos de Langmuir y Freundlich, que consisten en:

- **Modelo de Langmuir:**

Este modelo ocurre cuando hay sitios específicos de la superficie del bioadsorbente; sin interacción entre las moléculas retenidas adyacentes y calos de adsorción del sitio, se representa por la siguiente formula:

$$q_e = \frac{q_{m\acute{a}x} * b * C_e}{1 + b * C_e}$$

$q_{m\acute{a}x}$  es la constante de Langmuir; que representa la máxima capacidad de adsorción del bioadsorbente (mg/g),  $b$  es la constante de Langmuir que es la afinidad de los sitios activos y el calor de adsorción.

- **Modelo de Freundlich**

Este modelo es usado para sistemas liquido – solido. La adsorción es de manera heterogénea con mayor afinidad; la fórmula es:

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

Donde  $K_f$  es la constante de Freundlich con la capacidad de adsorción y  $n$  representa la intensidad.

### 2.1.5. Bioadsorbente de Cáscara de Naranja “*Citrus X Sinensis*”

La exportación de cítricos en el 2024, en el Perú es de 256.077 toneladas de exportación, según las cifras del Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI) en el Perú a través del Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA), (Valle, 2024) siendo la mandarina, el limón y la naranja mayor porcentaje de hectáreas certificadas para exportación.

La cáscara de naranja tiene características para evaluar su eficiencia como material adsorbente. Cuenta con grupos funcionales de tipo: carboxílico, amino, hidroxilo, tiol y fosfato que difieren su afinidad y susceptibilidad en diferentes iones metálicos teniendo un material bioadsorbente; conteniendo: pectina, celulosa, hemicelulosa y otros compuestos que presentan bajo peso molecular; Según (Soria, 2019) nos explica y transcribe sobre la composición interna.

**2.1.5.1. Composición Interna de la Cáscara de Naranja.** La composición interna de la cascara de naranja se determina a través de un análisis de elementos de las biomásas, a través de intercambio Iónico; según (Soria, 2019):

Se tuvieron los porcentajes de la siguiente tabla:

**Tabla 1.**

*Contenido en Carbono, Hidrógeno, Nitrógeno y cenizas de material vegetal en residuos*

Material	C	H	N	Cenizas (%)
Cáscara de naranja.	44.43%	6.10%	0.89%	3.29%

Como se puede observar en la tabla N° 1, la cascara de naranja posee intercambios iónicos que generan que sea un material bioadsorbente; generando la disolución de los

materiales pesados; basados en la investigación se ha hallado que la principal fuente antioxidantes son las cáscaras de los frutos, por lo cual se propone utilizarlos como antioxidantes de origen natural.

**Pectinas.** La pectina en la cáscara de naranja se encuentra como un tipo de carbohidrato, tiene propiedades “prebióticas”. Estos carbohidratos, conocidos también como oligosacáridos, se encuentran en ciertos vegetales y frutas. Los prebióticos incrementan la proliferación de bacterias que son beneficiosas en el intestino grueso. Los probióticos incrementan la proliferación de bacterias que son beneficiosas en el intestino grueso. Las bacterias prebióticas previenen el crecimiento de patógenos y estimula la salud. Las pectinas se encuentran localizadas en la capa del endocarpio, su naturaleza es coloidal; en la industria alimentaria son muy utilizados como turbidez deseables y gelificantes. Así mismo, las pectinas logran mantener los sólidos de los jugos en estado de suspensión. No solo le brinda al producto una viscosidad óptima, sino que también brinda las características como coloide protector, contra las enzimas proteolíticas (Soria, 2019). Estas pectinas se encuentran en la mayoría de los tejidos de plantas y frutos inmaduros que es abundante en los extractos celulares y paredes de células.

**Composición Química de las Pectinas.** Según el trabajo de investigación de (Devia, 2003) la pectina siendo polímeros lineales: su estructura son grupos de carboxilos esterificados por radicales metilos; por ello al hidrolizarse se obtienen proporciones de: D-galactosa, D-galacturónica y alcohol metílico; ello genera una bioadsorción cuando los cationes interactúan con los aniones que se encuentran en el bioadsorbente, la mayoría en grupos de carboxilo, hidroxilo, amino, sulfónico que son parte de los polímeros de origen natural; realizando una disminución de los metales pesados.

### **2.1.6. Jar Test o Prueba de Jarras**

El test de jarras es una técnica de laboratorio que ayuda a la similitud de obtener resultados en pequeña escala; siendo un proceso de coagulación y floculación en plantas de tratamiento de aguas; generalmente para determinar la dosis óptima de químicos coagulantes y floculantes necesarios para mejorar la separación de sólidos suspendidos y contaminantes tóxicos en el agua. (Alfonso et al., 2021).

### **2.1.7. Marco Legal**

**Ley N° 26842; Ley General de Salud, (1997)**, Norma peruana que establece:

- Los principios para la protección con respecto a la salud de las personas.
- Las bases para la protección con respecto a la salud de las personas.

**Ley N° 28611; Ley General del Ambiente**, (Ministerio del Ambiente de Perú [MINAM], 2005), su principal objetivo establecer el marco normativo legal de la gestión en el Perú. Dentro de ello, para este trabajo de investigación se hace hincapié en el artículo 1: El cual indica que todo individuo tiene derecho irrevocable a poder vivir en un entorno equilibrado, sano y adecuado para lograr un adecuado progreso de la vida y su obligación de colaborar a proteger el ambiente, una gestión ambiental y sus componentes.

**Ley N° 28271; Ley que regula los Pasivos Ambientales de la actividad Minera**, (MINEM, 2004) el cual tiene como objetivo principal actualizar la identificación de los pasivos ambientales (PaM) de las actividades mineras, responsabilizando y financiando la remediación de las áreas que se encuentren afectadas por estas, destinados a su disminución, con el fin de disminuir sus negativos impactos con respecto a la salud de los pobladores, la propiedad y al ecosistema circundante.

**Reglamento Ministerial N° 045-2015-MEM/DM**, Reglamento que dispone que el estado se responsabiliza de la remediación de 134 ambientales mineros de distintos proyectos ubicados en las regiones Lima, Ancash, Cajamarca y Puno.

**Decreto Supremo N° 003-2009-EM**; modifica el reglamento con respecto a los Pasivos Ambientales (PaM) de la actividad minera; D.S. N° 059-2005-EM; estableciendo las disposiciones de la gestión y regularización de las actividades mineras.

**Ley N° 29338; Ley de los Recursos Hídricos**; (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego en Perú [MINAGRI], 2019); Normativa peruana que ayuda a regular el uso y aprovechamiento del agua, protegiendo las fuentes de agua y previene la contaminación. Los capítulos 6 y 7; Vertimientos de aguas residuales tratadas; en la cual la Autoridad Nacional del agua, único ente regulador de autorizar el vertimiento y el uso y derecho del agua; asumiendo responsable de los vertimientos y reusos legalizados.

**Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos; D.S. N° 001-2010-AG**; normativa peruana que regula el uso y la gestión sostenible de los recursos hídricos de la ley 29338; con el único fin de garantizar su conservación, protección y uso eficiente.

**Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM**; Es un decreto donde se aprueba los LMP para los efluentes de las PTAR Municipales o Domésticas; brindando definiciones y los valores a tomar en cuerpos de aguas.

**Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM**; Es un decreto que aprueba los estándares presentes en la Calidad Ambiental (ECA) para cuerpos hídricos y decretan acciones complementarias; con el objetivo de disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y también de acoplarse a los impactos del cambio climático.

**Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM**; Decreto que aprueban los LMP para la descarga de aguas residuales de actividades Minero – Metalúrgicas.

**Informe N° 0132-2022-MINEM-DGM-DTM/PAM;** Informe actual de la reevaluación de los pasivos ambientales mineros (PAM) de la ex unidad minera C.M. Huampar S.A., se informa los 25 daños ambientales mineros; de las cuales 20 son las que generan problemas de contaminación.

**NTP 214.060 (2016).** Esta norma indica los generales principios que se deben aplicar en el muestreo de vertimientos residuales del tipo no domésticas que se liberan en la red de alcantarillado.

**Norma OS 090.** Consideraciones generales del progreso de proyectos que involucre el tratamiento de vertimientos residuales en los niveles básico, preliminar y definitivo.

**Decreto Legislativo N° 1285.** La finalidad de este Decreto Legislativo es de facilitar el proceso de otorgamiento de las autorizaciones de descarga de aguas residuales tratadas a los recursos hídricos del país. De la misma manera, que los prestadores de servicios de saneamiento puedan cumplir con las normas ambientales y sanitarias vigentes. Artículo 5, Descarga o rebose de las aguas residuales.

**Ley N° 28611 (13 octubre 2005),** Ley General del Ambiente.

**Ley N° 26338 (24 de julio de 1994),** Ley General de Servicios de Saneamiento.

### III. MÉTODO

#### 3.1. Tipo de investigación

Según el objetivo de la tesis, es un tipo de investigación aplicada, como afirma (Ñaupas et al., 2019), que la investigación aplicada se fundamenta en la resolución de un problema; siendo no solo conocimiento sino en manera tecnológica, de tal manera que este trabajo se basa en buscar nuevas soluciones que puedan perfeccionar un sistema evaluado de tratamiento de aguas residuales a una escala mayor.

En cuanto al nivel, es de estudio explicativo y experimental; que va más allá de la descripción. Según (Ñaupas et al., 2019) expresa “su interés se centra en explicar porque ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiestan las relaciones de dos o más variables” (P. 95) el autor nos dice a través de ejemplos que el nivel es ir más allá de los alcances escritos basándose en la demostración, siendo parte de nuestro objetivo que evaluar la eficiencia del bioadsorbente proveniente de la naranja para la eliminación de plomo en drenaje de ácido de la ex unidad minera Huampar

##### 3.1.1. *Diseño de la Investigación*

Se basa en un diseño experimental presenta un enfoque cuantitativo. (Arias y Covinos, 2021) Afirman que en el diseño hay un plan, estrategia y pasos a realizar. Asimismo, el diseño de presente trabajo es cuantitativo, ya que, se realizarán estudios basados en probabilidades estadísticas a través de la evaluación de los parámetros físico- químicos, para evaluar el porcentaje de adsorción de plomo en drenaje ácido de la ex unidad minera Huampar.

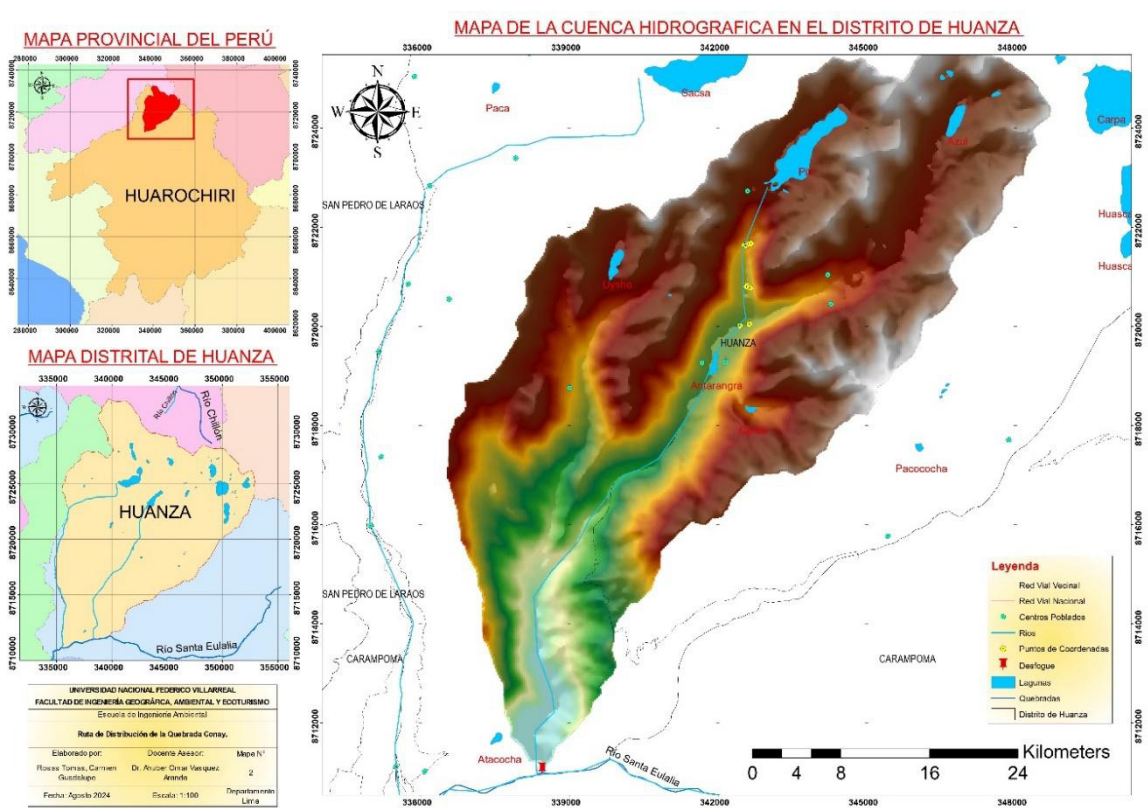
#### 3.2. **Ámbito temporal y espacial**

Para este trabajo se tomó en consideración cerca la bocamina túnel 142 de la ex unidad minera Huampar que tiene un recorrido directo hacia el campamento minero, llegando a



Figura 3

*Distribución poblacional aledaños a la ex unidad minera Huampar*



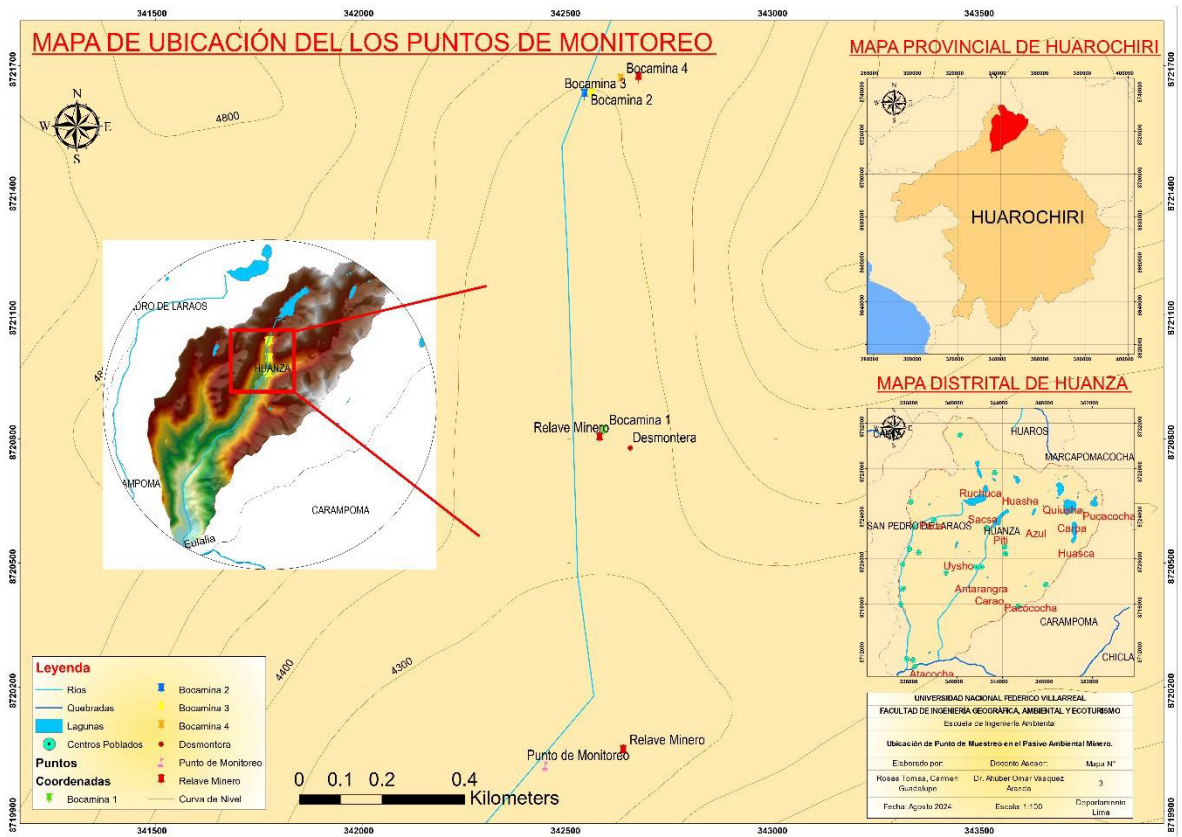
### 3.2.2. Localización Geográfica

El área de estudio se localiza en la coordenada UTM WGS 1984 18S en el distrito de Huanza, tomando un punto de toma de muestras para su debido estudio en el laboratorio, los puntos se encuentran localizados a través del GPS de la bocamina túnel 142.

E: 342359; N: 8720451

**Figura 4**

*Ubicación de puntos de Muestreo en la Boca Túnel 142*



### 3.3. Variables

En la tabla 2 y 3 se visualizan las variables dependientes e independientes, detallando sus unidades de medida e indicadores.

**Tabla 2**

*Características de la variable independiente*

Variable Independiente	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
Eficiencia de bioadsorbente de naranja.	Rapidez con la que el bioadsorbente de naranja adsorbe el contaminante. (Casas Champi, 2023)	Medición del porcentaje de remoción de plomo ( $Pb^{+2}$ ) presente en el drenaje ácido de mina, después del tratamiento con bioadsorbente de cáscara de naranja	Parámetros inorgánicos	Concentración de plomo	mg/L
			Parámetro Orgánico	Concentración de bioadsorbente	g/Litro
			Variable de operación	Volumen	L
				Tiempo de sedimentación	RPM

Tiempo de agitación      Minutos

*Nota:* la tabla describe el concepto de la variable independiente del estudio, así como sus respectivos indicadores y unidades de medición.

**Tabla 3**

*Características de la variable dependiente*

Variable Dependiente	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
<i>Remoción de plomo en Drenaje Acido</i>	Disminución de cantidad de plomo en drenaje ácido de la ex unidad minera Huampar (Casas Champi, 2023)	La remoción de plomo en drenaje ácido se medirá por EAA	Parámetros fisicoquímicos	Potencial de Hidrógeno	pH
				Conductibilidad Eléctrica	μS/cm
				Salinidad	%
				Sólidos Totales Disueltos	mg/L
				Temperatura	°C

*Nota:* la tabla describe el concepto de la variable dependiente del estudio, así como sus respectivos indicadores y unidades de medición.

### 3.4. Población y muestra

#### 3.4.1. Población

Se comprende el agua de la bocamina 1, conocido como boca túnel 142, aguas arribas con un caudal promedio de 123 l/s que impacta al bofedal que se dirigen al campamento minero y así mismo a la quebrada Cunay que comprende un área exactamente de 9.400 Ha encontrándose en clasificación 2; en la cual abarca solo el distrito de Huanza, entrelazándose con la Quebrada Pili (Figura 5)

#### Figura 5

*Bocamina 1 “Boca Túnel 142” de la ex unidad Minera Huampar.*



#### 3.4.2. Muestra

Se recolectó 30 L de muestra de la bocamina “boca túnel 142”; teniendo en cuenta los criterios que se encuentran en el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales; publicación de la Autoridad Nacional del Agua (Resolución Jefatural N° 010 – 2016 ANA), siendo la accesibilidad uno de los puntos a considerar; el punto de

monitoreo fue ubicado a través de estudios previos visualizando las coordenadas en UTM: las muestras fueron llevadas al laboratorio de la universidad para el estudio correspondiente.

El tipo de muestreo del trabajo de investigación es de manera probabilístico con relación al pH, temperatura inicial para obtener el tiempo de sedimentación y cantidad de absorbente. Esto para que se pueda realizar el estudio de la concentración de plomo final y obtener el porcentaje de concentración

### **3.5. Instrumentos**

Se detallan los instrumentos y materiales a utilizarse en este proyecto de investigación:

- Multiparámetro
- Balanza digital
- Micropipeta (5 ml)
- Estufa de secado
- Plancha de calentamiento
- Espectrofotómetro de absorción atómica
- Equipo de pruebas de jarras
- GPS
- Agua de la muestra.
- Agua destilada
- Ácido Nítrico 5%
- Guantes de nitrilo
- 5 kg de cáscara de naranja
- 1 cuchilla tramontina
- Mortero y pilón de porcelana
- Tamiz o malla metálica N°180

- Vasos precipitados (100 ml, 250 ml)
- Solución Buffer de 4, 7 y 10 (calibración)
- Solución cloruro de sodio (calibración)
- Papel filtro de paso lento
- Vaso de precipitado de 50 ml
- Probeta
- Matraz aforado (1000 ml)
- Polvo bioadsorbente de cáscara de naranja

### **3.6. Procedimientos**

Los procedimientos desarrollados para determinar la eficacia de bioadsorbente de naranja para la disminución de plomo en el drenaje ácido de la ex UM Huampar, Huanza, se realizó en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería Geográfica, ambiental y ecoturismo. Los mismos que se detallan a continuación:

#### ***3.1.2. Monitoreo del Drenaje Ácido de la ex unidad Minera.***

Se ubicó la bocamina túnel 142, siendo localizada en las coordenadas E: 342359 N: 8720451. Con los implementos de seguridad, se procedió a tomar la muestra del Drenaje Ácido de Mina aproximadamente 2 galones de manera codificada y preservadas con ácido nítrico al 5% para ser llevado al laboratorio, para que se realice las mediciones del parámetro pH, Temperatura, salinidad y conductividad eléctrica, con el equipo multiparámetro a usar.

**Figura 6**

*Toma de muestra en la bocamina 1 boca Túnel 142°*

**3.1.3. Características del Drenaje ácido de mina en laboratorio**

Para la caracterización del Drenaje ácido de mina se requirió información del pH, temperatura, conductividad eléctrica, para la concentración de plomo inicial, se llevó la muestra a un laboratorio externo.

**Figura 7**

*Medición de pH, temperatura, conductividad eléctrica inicial de la muestra*



### **3.1.4. Preparación del Bioadsorbente de cáscara de naranja**

Al revisar las investigaciones de Rahman et al. (2023) y Dagnev y Bantie (2023), quienes coinciden en la forma de realizar la biomasa de cáscara de naranja; bajo esta metodología se realizará la preparación de la biomasa.

#### **- Recolección**

Las cáscaras de naranja se van a obtener de los vendedores de jugo de naranja del centro de lima; el mismo día para luego ser escogidas las de mejor estado y se procede con el lavado con agua destilada y secado en la estufa graduado a una temperatura de 50°C por un tiempo de 30 minutos.

#### **Figura 8**

*Secado de las cáscaras de naranja en la estufa*



#### **- Reducción**

Únicamente secados y resecados las cáscaras de naranja, se corta en trozos rectangulares pequeños.

#### **Molienda y Tamizado**

Los trozos cortados se deben encontrar deshidratados para ser llevados a un mortero y pilón de porcelana hasta lograr obtener un material de tipo granulado; es cernido en un tamiz de malla número 180 hasta obtener polvo fino.

## Figura 9

### *Molienda del bioadsorbente de naranja*



#### - **Almacenamiento**

El polvo fino, llamado de aquí adelante bioadsorbente de naranja, es pesado en la balanza analítica; siendo como un coagulante natural y se conservará en bolsa hermética para evitar la contaminación y humedad.

#### **3.1.5. Dosificación del Bioadsorbente de naranja**

Para encontrar la dosificación, se realizó pruebas de ensayo, con el equipo de test de jarras; donde se fijará los rangos para las dosificaciones, tomando en referencia al nivel de concentración de plomo obtenida inicialmente y de diversas fuentes, con la que se preparará cinco dosis diferentes (0.5, 1, 1.5, 2 y 2.5) g del bioadsorbente de naranja, las cuales se adicionaron en cada vaso que contiene medio litro de volumen de la muestra.

#### **3.1.6. Operación con el Equipo de Prueba de Jarras**

Para la utilización del equipo de la prueba del test de jarras se tiene que programar con velocidad y tiempo en la etapa de la mezcla rápida (etapa de activación) y la etapa de mezcla lenta (etapa de coagulación); para la cual se toma de referencia los valores de la investigación Ricse Pizarro y Naula Inga (2024); tomando como referencia su investigación de las velocidades y tiempos determinados en el equipo de test de jarra.

**Tabla 4***Programación del equipo de jarras*

Etapa	Secuencia	Velocidad	Tiempo
<b>Homogenización</b>	1	50 RPM	20 minutos
<b>Mezcla Rápida</b>	2	250 RPM	60 – 90 y 120 minutos
<b>Reposo</b>	3	-	60 minutos

*Nota:* Estimación de tiempos para el desarrollo de pruebas de jarras, basados en la investigación de Ricse Pizarro y Naula Inga (2024)

Se programaron las 5 jarras de la muestra de agua, en conjunto con las 5 dosis de bioadsorbentes preparados; se inicia con la homogenización ; al instante con la mezcla rápida y finalmente dejar reposar 1 hora.

**Figura 10***Funcionamiento de la prueba de jarras*

### 3.1.7. Evaluación de variables de Parámetros Fisicoquímicos

Después de obtener el tiempo de reposo o sedimentación en cada prueba de ensayo determinado para 60 minutos cada uno, se procede a realizar la filtración de la muestra sobrenadante; para realizar la evaluación de concentración de plomo con 100ml que se digesto con ácido nítrico al 5% y llevado a una plancha específicamente de calentamiento hasta obtener una evaporación del 85% aproximadamente; y enrasada con agua destilada para ser llevada a la lectura del espectrofotómetro de absorción atómica.

- Tomar la muestra de agua [100 ml] llevar a una plancha de calentamiento y campana extractora con una temperatura de 90° C hasta que se evapore el agua en un 85% aproximadamente y observar un residuo liquido de unos 15 a 20 ml.

**Figura 11**

*Tomando las muestras para ser llevados a la plancha de calentamiento*



- Se lleva a una fiola de 100 ml, enrasado con agua destilada filtrándose para evitar el ingreso de micro partículas.
- Se preparó previamente los estándares para la elaboración de la curva de calibrado.

- Finalmente se lleva al equipo del espectrofotómetro para culminar con la lectura de concentración de plomo en las 45 muestras.

### Figura 12

*Manejo del equipo espectrofotómetro de absorción atómica*



- Se realizó la medición de los pH de las 45 muestras para evaluar la variación y su determinación final.

### 3.1.8. *Análisis Final*

Luego de tener los resultados del plomo con el equipo de Espectrofotómetro de absorción atómica de las 45 muestras, se procede a determinar los resultados finales con la fórmula para hallar la eficiencia del bioadsorbente teniendo la concentración inicial y final de plomo que se realizó con la dosis óptima del bioadsorbente de naranja; además de ello, se evalúan los nuevos PH para, finalmente, proceder a realizar las tablas y graficas de los resultados registrados; para realizar la respectiva discusión de los resultados del trabajo de investigación; y con ello obtener las conclusiones.

### **3.7. Análisis de Datos**

Las muestras de aguas fueron recolectadas de la Boca Túnel 142, bocamina; para ser analizados en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo de la Universidad Nacional Federico Villarreal. Los resultados finales se procesaron mediante la estadística inferencial con las 45 análisis y descripción de la cantidad de plomo y variables de pH, relacionando con las tres dosis de bioadsorbente de naranja; teniendo en consideración la fórmula del porcentaje de concentración final, para obtener una comparación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (2017). El software para utilizar fue el MINITAB, donde previamente se presenta la estadística en tablas y gráficas, con una distribución de datos de tabulación de los datos cuantitativos relacionando los indicadores de estudios considerando una matriz factorial de 2 por 3; debido a los 2 parámetros por 3 repeticiones, tomando en cuenta el ANOVA, que incluye un grado de significancia; para finalmente constatar la hipótesis de la investigación.

## IV. RESULTADOS

En este capítulo, se presenta los resultados obtenidos de la caracterización del Drenaje Ácido de Mina (DAM) de la ex unidad minera Huampar, las concentraciones obtenidas antes y después de los tratamientos y la eficiencia final de los tres tratamientos en diferentes dosis óptimas mediante las pruebas de jarras, aplicando como coagulante natural la cascara de naranja. Con ello, se determina los valores de los parámetros fisicoquímicos: pH, Temperatura y Conductividad eléctrica.

### 4.1. Caracterización del Drenaje Ácido de Mina (DAM)

En la Tabla 5 se muestran los resultados de la caracterización del drenaje ácido de Mina (DAM), muestra que fue determinada en el laboratorio de la facultad de Ingeniería geográfica, ambiental y ecoturismo y el resultado del plomo inicial en un laboratorio externo de muestra inicial, para ser comparados con el Decreto Supremo N° 004 – 2017 – MINAM, el cual establece los Estándares de Calidad del Agua.

**Tabla 5**

*Resultados de la caracterización del DAM*

<b>Indicadores</b>	<b>DAM</b>	<b>ECA</b>	<b>Unidad de Medida</b>
Potencial de Hidrógeno (pH)	4.27	6 - 9	Unidad de pH
Temperatura	15.1	--	° C
Salinidad	0.10	--	%
Conductividad	164.3	--	uS/cm
Plomo	0.231	0.01	mg/l

Según los resultados obtenidos, se tiene el pH por debajo de los límites máximos Permisibles (LMP) con un valor de 4.27, así tenemos también la concentración de plomo que

se encuentra en 0.231 mg/l, el decreto supremo N° 004 – 2017-MINAM nos indica que debe estar en 0.01 mg/l como máximo, teniendo en consideración que es un pasivo ambiental minero y se entrelaza con la quebrada Cunay y Piti, no cumpliendo dentro de los rangos establecidos.

#### 4.2. Dosis óptima de bioadsorbente de Naranja para remoción de Plomo

Teniendo de resultado la concentración de plomo inicial, se define tratar con las dosis de 0.5g, 1g, 1.5g, 2g y 2.5g. a partir de 3 tratamientos de 250 RPM; con diferentes tiempos de contacto siendo de 60, 90 y 120 minutos cada con un tiempo de sedimentación de 1 hora.

Para tener mayor certeza, se realizó 3 tratamientos de repetición; en la cual los resultados finales de concentración de plomo son enviados en la tabla de Minitab para obtener la mayor cantidad de adsorbente según los tres sistemas de tratamiento y trabajar con el más óptimo.

Como resultados de los tratamientos tenemos:

**Tabla 6**

*Resultados de la concentración de plomo*

Tratamiento	Muestra	Tipo de Muestra	Dosis (g)	Tiempo de Contacto (min)	Concentración de Plomo (ppm)	pH
1° Tratamiento	1	Bioadsorbente de Naranja	0.5	60	0.091	6.63
1° Tratamiento	2	Bioadsorbente de Naranja	1	60	0.077	6.72
1° Tratamiento	3	Bioadsorbente de Naranja	1.5	60	0.071	6.95
1° Tratamiento	4	Bioadsorbente de Naranja	2	60	0.100	5.04
1° Tratamiento	5	Bioadsorbente de Naranja	2.5	60	0.132	5.95

Tratamiento	Muestra	Tipo de Muestra	Dosis (g)	Tiempo de Contacto (min)	Concentración de Plomo (ppm)	pH
1° Tratamiento	6	Bioadsorbente de Naranja	0.5	90	0.124	6.32
1° Tratamiento	7	Bioadsorbente de Naranja	1	90	0.122	6.3
1° Tratamiento	8	Bioadsorbente de Naranja	1.5	90	0.114	5.55
1° Tratamiento	9	Bioadsorbente de Naranja	2	90	0.088	5.88
1° Tratamiento	10	Bioadsorbente de Naranja	2.5	90	0.096	4.94
1° Tratamiento	11	Bioadsorbente de Naranja	0.5	120	0.108	6.65
1° Tratamiento	12	Bioadsorbente de Naranja	1	120	0.132	6.52
1° Tratamiento	13	Bioadsorbente de Naranja	1.5	120	0.074	5.75
1° Tratamiento	14	Bioadsorbente de Naranja	2	120	0.104	6.62
1° Tratamiento	15	Bioadsorbente de Naranja	2.5	120	0.145	5.65
2° Tratamiento	16	Bioadsorbente de Naranja	0.5	60	0.138	6.96
2° Tratamiento	17	Bioadsorbente de Naranja	1	60	0.148	5.88
2° Tratamiento	18	Bioadsorbente de Naranja	1.5	60	0.145	5.76
2° Tratamiento	19	Bioadsorbente de Naranja	2	60	0.130	6
2° Tratamiento	20	Bioadsorbente de Naranja	2.5	60	0.123	4.55

Tratamiento	Muestra	Tipo de Muestra	Dosis (g)	Tiempo de Contacto (min)	Concentración de Plomo (ppm)	pH
2° Tratamiento	21	Bioadsorbente de Naranja	0.5	90	0.125	6.85
2° Tratamiento	22	Bioadsorbente de Naranja	1	90	0.138	5.27
2° Tratamiento	23	Bioadsorbente de Naranja	1.5	90	0.088	4.09
2° Tratamiento	24	Bioadsorbente de Naranja	2	90	0.147	5.82
2° Tratamiento	25	Bioadsorbente de Naranja	2.5	90	0.096	5.18
2° Tratamiento	26	Bioadsorbente de Naranja	0.5	120	0.135	6.54
2° Tratamiento	27	Bioadsorbente de Naranja	1	120	0.109	5.6
2° Tratamiento	28	Bioadsorbente de Naranja	1.5	120	0.117	5.88
2° Tratamiento	29	Bioadsorbente de Naranja	2	120	0.134	5.77
2° Tratamiento	30	Bioadsorbente de Naranja	2.5	120	0.140	5.39
3° Tratamiento	31	Bioadsorbente de Naranja	0.5	60	0.128	6.15
3° Tratamiento	32	Bioadsorbente de Naranja	1	60	0.123	6.6
3° Tratamiento	33	Bioadsorbente de Naranja	1.5	60	0.120	6.18
3° Tratamiento	34	Bioadsorbente de Naranja	2	60	0.091	3.87
3° Tratamiento	35	Bioadsorbente de Naranja	2.5	60	0.088	5.44

Tratamiento	Muestra	Tipo de Muestra	Dosis (g)	Tiempo de Contacto (min)	Concentración de Plomo (ppm)	pH
3° Tratamiento	36	Bioadsorbente de Naranja	0.5	90	0.103	5.54
3° Tratamiento	37	Bioadsorbente de Naranja	1	90	0.102	4.25
3° Tratamiento	38	Bioadsorbente de Naranja	1.5	90	0.140	4.27
3° Tratamiento	39	Bioadsorbente de Naranja	2	90	0.139	4.35
3° Tratamiento	40	Bioadsorbente de Naranja	2.5	90	0.175	3.84
3° Tratamiento	41	Bioadsorbente de Naranja	0.5	120	0.130	6.28
3° Tratamiento	42	Bioadsorbente de Naranja	1	120	0.195	6.03
3° Tratamiento	43	Bioadsorbente de Naranja	1.5	120	0.130	5.82
3° Tratamiento	44	Bioadsorbente de Naranja	2	120	0.145	4.65
3° Tratamiento	45	Bioadsorbente de Naranja	2.5	120	0.079	4.34

Para hallar la dosis óptima del bioadsorbente de cascara de naranja en g/l; para ello se evalúan las diferentes concentraciones: 0.5 g/l, 1 g/l, 1.5 g/l, 2 g/l y 2.5 g/l. Las condiciones de ensayo y las tomas de muestras se toman en relación con la fórmula de capacidad de adsorción en base al tiempo ( $Q_t$ )

$$Q_t = \frac{(C_i - C_f)V}{m}$$

Donde:

C = Concentración de plomo (mg/l) es la que se determina en función del tiempo.

V= es el volumen en litros, que se usó para la prueba de jarras.

m = la cantidad en gramos que se usa del bioadsorbente añadida.

La dosis óptima de bioadsorción se obtuvo con de 1.5 g; logrando una remoción de 69.26% de plomo en un tiempo de contacto de 60 minutos con 0.071 mg/l.

#### 4.3. Eficiencia del bioadsorbente de naranja en la reducción de plomo

El porcentaje de eficiencia de eliminación se determina mediante la siguiente formula:

$$\text{Eliminación (\%)} = \frac{(C_i - C_f)}{C_i} \times 100$$

**Tabla 7**

*Resultados del % de remoción y capacidad de adsorción*

<b>Tiempo de agitación</b>	<b>Dosificación bioadsorbente</b>	<b>Repetición</b>	<b>Remoción de concentración de plomo (%)</b>	<b>Qt (mg/g)</b>
60min	0.5 g	1	60.61	0.14
60min	1 g	1	66.67	0.08
60min	1.5 g	1	69.26	0.05
60min	2 g	1	56.71	0.03
60min	2.5 g	1	42.86	0.02
90min	0.5 g	1	46.32	0.11
90min	1 g	1	47.19	0.05
90min	1.5 g	1	50.65	0.04
90min	2 g	1	61.90	0.04
90min	2.5 g	1	58.44	0.03
120min	0.5 g	1	53.25	0.12
120min	1 g	1	42.86	0.05
120min	1.5 g	1	67.97	0.05
120min	2 g	1	54.98	0.03
120min	2.5 g	1	37.23	0.02
60min	0.5 g	2	40.26	0.09
60min	1 g	2	35.93	0.04

<b>Tiempo de agitación</b>	<b>Dosificación bioadsorbente</b>	<b>Repetición</b>	<b>Remoción de concentración de plomo (%)</b>	<b>Qt (mg/g)</b>
60min	1.5 g	2	37.23	0.03
60min	2 g	2	43.72	0.03
60min	2.5 g	2	46.75	0.02
90min	0.5 g	2	45.89	0.11
90min	1 g	2	40.26	0.05
90min	1.5 g	2	61.90	0.05
90min	2 g	2	36.36	0.02
90min	2.5 g	2	58.44	0.03
120min	0.5 g	2	41.56	0.10
120min	1 g	2	52.81	0.06
120min	1.5 g	2	49.35	0.04
120min	2 g	2	41.99	0.02
120min	2.5 g	2	39.39	0.02
60min	0.5 g	3	44.59	0.10
60min	1 g	3	46.75	0.05
60min	1.5 g	3	48.05	0.04
60min	2 g	3	60.61	0.04
60min	2.5 g	3	61.90	0.03
90min	0.5 g	3	55.41	0.13
90min	1 g	3	55.84	0.06
90min	1.5 g	3	39.39	0.03
90min	2 g	3	39.83	0.02
90min	2.5 g	3	24.24	0.01
120min	0.5 g	3	43.72	0.10
120min	1 g	3	15.58	0.02
120min	1.5 g	3	43.72	0.03
120min	2 g	3	37.23	0.02
120min	2.5 g	3	65.80	0.03

Tras tener los resultados de la capacidad de absorción y porcentaje de eliminación; los factores a trabajar en el software del Minitab con los datos de la tabla 7, obteniendo como resultados de valores mínimos en cantidad absorbida con 120 minutos de tiempo de contacto con 1 gramos de bio adsorbente que se alcanza a una concentración mínima de 0.195mg/l de Pb indicando una cantidad de 0.02 de cantidad absorbida en la muestra con un 15.58% de remoción de plomo; es importante mencionar que se observa mejor porcentaje de remoción con 1.5 gramos con 60 minutos saliendo con 0.071 mg/l de Pb indicando una cantidad de 0.5 de cantidad de absorbida en la muestra con un 69.26% de remoción de plomo.

La tabla 7 se lleva al software Minitab para verificar las muestras estadísticas de la remoción de plomo (%) de la dosis y el tiempo de agitación.

**Tabla 8**

*Remoción de concentración de plomo (%) de las dosis y el tiempo de agitación para los bioadsorbente de naranja de drenaje acido de la ex unidad minera Huampar.*

<b>Tiempo de agitación</b>	<b>Dosificación bioadsorbente</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Desv.Est.</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Mediana</b>	<b>Máximo</b>
60 min	0.5 g	3	48.5	10.7	40.3	44.6	60.6
	1 g	3	49.8	15.6	35.9	46.8	66.7
	1.5 g	3	51.5	16.3	37.2	48.1	69.3
	2 g	3	53.7	8.8	43.7	56.7	60.6
	2.5 g	3	50.5	10.1	42.9	46.7	61.9
90 min	0.5 g	3	49.2	5.4	45.8	46.3	55.4
	1 g	3	47.8	7.8	40.2	47.2	55.8
	1.5 g	3	50.6	11.2	39.4	50.6	61.9
	2 g	3	46.0	13.9	36.4	39.8	61.9

	2.5 g	3	47.0	19.7	24.2	58.4	58.4
	0.5 g	3	46.2	6.2	41.6	43.7	53.2
	1 g	3	37.1	19.3	15.6	42.9	52.8
120 min	1.5 g	3	53.7	12.7	43.7	49.3	67.9
	2 g	3	44.7	9.2	37.2	41.9	54.9
	2.5 g	3	47.5	15.9	37.2	39.4	65.8

Nota. N= número de la muestra. Desv. Est= Desviación estándar. Unidad de medida de la remoción de concentración de plomo se encuentra en porcentajes (%)

La Tabla 8 presenta los valores descriptivos de la remoción de plomo (%) en función de la dosificación del bioadsorbente de naranja y el tiempo de agitación. En general, se observa que el porcentaje de remoción varía según la dosis empleada y el tiempo de contacto con la muestra. Para los 60 minutos de agitación, la remoción de plomo fluctuó entre el 48.5% (0.5 g) y el 53.7% (2 g). Se aprecia una tendencia de mayor remoción al incrementar la dosis, aunque con cierta variabilidad reflejada en la desviación estándar. Sin embargo, la dosis de 2.5 g mostró una ligera reducción en la eficiencia (50.5%), lo que sugiere que aumentar la cantidad de bioadsorbente no siempre mejora la remoción o en mejoras en los 3 tratamientos; e incluso en la desviación estándar con la dosificación de 1.5 g se encuentra con 16.29, lo que sugiere que los resultados de la remoción de plomo tienen una mayor variabilidad entre las mediciones individuales. A los 90 minutos de agitación, los valores oscilaron entre 46.0% y 50.7%.

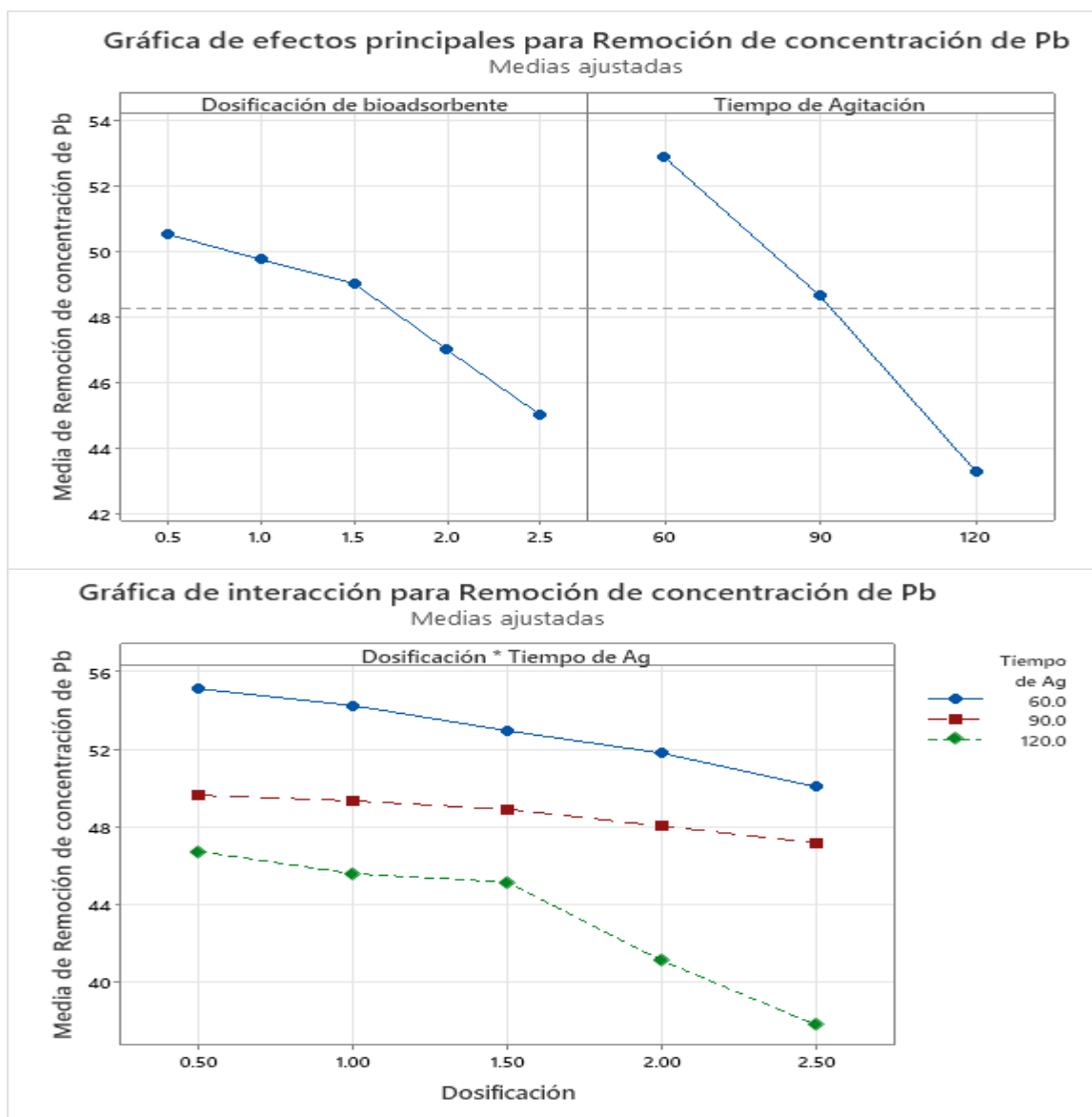
La desviación estándar más baja esta con 0.5 g (5.4) y la más alta con 2.5 g (19.7); esto indica que el proceso de remoción se reduce cuando se incrementa la cantidad del bioadsorbente; con respecto a los valores; se observa la mejor dosis óptima entre 1.5 g y 2 g; con mejores valores máximos altos y desviaciones estándar relativamente manejables.

Finalmente, a los 120 minutos de agitación, se observa una mayor dispersión en los datos. La dosis de 1.5 g alcanzó la mayor eficiencia (53.7%), siendo la más efectiva en la cantidad de bioadsorbente. La desviación estándar es más pronunciada en algunas dosis, lo que

sugiere una mayor variabilidad en los resultados. En síntesis, la mayor eficiencia de remoción se obtuvo con 1.5 g de bioadsorbente a 120 minutos.

**Figura 13**

*Gráfico de líneas para cada factor en la remoción de concentración de plomo (%).*



En la figura 13, se observan los gráficos de efectos principales de los factores y de la interacción entre la dosificación bioadsorbente y tiempo de agitación. Para las diferentes dosificaciones, alcanza su punto más alto con 1.5 g, pero disminuye con dosis mayores. Esto sugiere que una cantidad excesiva de bioadsorbente puede que no sea óptima además de ello,

tener en cuenta que el PH de las muestras se encuentran por debajo de 4. En cuanto al tiempo de agitación, el tiempo de 60 minutos obtuvo mayor valor promedio en remoción de concentración. El análisis de la interacción entre la dosificación y el tiempo de agitación la dosis de 1.5 g y 60 minuto. En toda la curva de las medidas ajustadas se observa que el equilibrio entre la cantidad absorbida y el tiempo de agitación es crucial para lograr una remoción eficiente de plomo.

**Tabla 9**

*ANOVA para la remoción de concentración de plomo (%) en agua almacenadas por los bioadsorbente de la naranja de drenaje ácido de la ex unidad minera Huampar.*

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Dosificación bioadsorbente	4	178.88	44.72	4.52	0.006
Tiempo de agitación	2	687.57	343.78	34.72	0
Dosificación bioadsorbente*Tiempo de agitación	8	47.93	5.99	0.6	0.766
Error	28	277.26	9.9		
Total	44	5716.76			

Nota. SC= Suma de cuadrados. MC= Media cuadrática

El resultado muestra que la dosificación del bioadsorbente tiene un efecto significativo sobre la remoción de plomo, dado que el valor p obtenido es 0.006, siendo menor que el umbral utilizado de 0.05. Asimismo, el tiempo de agitación tiene un efecto altamente significativo teniendo el valor p de 0, lo que sugiere que aumentar el tiempo de contacto mejora de manera consistente la eficiencia del bioadsorbente. El análisis también incluyó la interacción entre la dosificación y el tiempo de agitación, que obtuvo un valor p de 0.766, confirmando que no existe un efecto combinado entre ambas variables que influya significativamente en la remoción de plomo, significando que cada factor actúa de manera independiente. Con ello, los

resultados del ANOVA sugieren que tanto la dosificación del bioadsorbente como el tiempo de agitación tienen un impacto significativo ajustándose por separado.

**Tabla 10**

*Comparación de medias de Tukey para la remoción de concentración de plomo (5) en aguas almacenadas de los bioadsorbente de la naranja de drenaje ácido de la ex unidad minera Huampar*

Interacción		N	Media	Agrupación
Dosificación	Tiempo de agitación			
1.5g	120min	3	53.6797	A
2g	60min	3	53.6797	A
1.5g	60min	3	51.5152	A
1.5g	90min	3	50.6494	A
2.5g	60min	3	50.5051	A
1g	60min	3	49.7835	A
0.5g	90min	3	49.2063	A
0.5g	60min	3	48.4848	A
1g	90min	3	47.7633	A
2.5g	120min	3	47.4747	A
2.5g	90min	3	47.0418	A
0.5g	120min	3	46.1760	A
2g	90min	3	46.0317	A
2g	120min	3	44.7330	A
1g	120min	3	37.0851	A

Nota. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes. Tabla ordenada de mayor a menor porcentaje de remoción (%).

La Tabla 10 muestra los promedios de remoción de plomo en función de la interacción entre la dosificación del bioadsorbente y el tiempo de agitación. Según la prueba de comparación de medias, todas las combinaciones analizadas se agrupan dentro de una misma

categoría (letra A), lo que significa que no hay diferencias significativas entre ellas. El valor más alto de remoción se obtuvo con 1.5 g a 120 minutos (53.68%), seguido de 2 g a 60 minutos (53.68%) y 1.5 g a 60 minutos (51.51%). Sin embargo, estos valores no presentan diferencias significativas respecto a los demás tratamientos, lo que refuerza el resultado del ANOVA: los cambios en la dosificación y el tiempo de agitación no generan variaciones estadísticas importantes en la eficiencia del bioadsorbente.

Por último, el valor más bajo de remoción se registró con 1 g a 120 minutos (37.08%), aunque sigue dentro del mismo grupo de comparación. Esto sugiere que la reducción en la eficacia bajo estas condiciones experimentales; en general se confirma la interacción entre la dosificación del bioadsorbente y el tiempo de agitación que no influye significativamente en la experimentación.

## V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La caracterización del drenaje ácido de mina proveniente de la ex unidad minera Huampar se encontraba en un pH de 4.27, en un entorno ácido; con una temperatura de 15.1°C. conductividad eléctrica fue de 164.3  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; lo que confirma la presencia de sales solubles; la concentración de plomo inicial fue de 0.321 mg/l; confirmando la contaminación por metales pesados; a diferencia de varios estudios previos que utilizaron soluciones sintéticas o aguas de diferentes tipos de agua; este trabajo de investigación empleó muestras reales de drenaje ácido de mina, lo cual representa un escenario más complejo y desafiante para el proceso de bioadsorción.

Los resultados obtenidos demuestran que la dosis óptima de bioadsorción se encuentra en mayor eficiencia de remoción en una dosis de 1.5 g; logrando una remoción de 69.26% de plomo en un tiempo de contacto de 60 minutos con 0.071 mg/l; confirmando que el bioadsorbente de naranja es una alternativa eficaz y accesible para el tratamiento de drenaje ácido de mina contaminada con metales pesados; comparando los resultados con el caso de estudio Rahman et al. (2023), utilizaron dosis de 20 a 100mg con un tiempo de contacto de 24 horas, teniendo una eficiencia de remoción cercana al 97% en condiciones controladas de laboratorio.

De igual manera Silva et al. (2022) empleó una dosis 0.5g durante 60 minutos, obteniendo porcentajes de remoción altos en un rango de 78.7 % - 95.1 %, a diferencia de este trabajo de investigación se muestra la remoción ligeramente inferior. Por otro lado, en la investigación de Ricse y Naula (2024) a una dosis de 9g obtuvieron buenos resultados, generando la conclusión que el tiempo de contacto con la remoción tienen una proporción directamente proporcional. Carbajal y Mendoza (2021) aplicaron las dosis de 2.5,5 y 10, con porcentajes de remoción por arriba del 50 % de plomo; nuestro resultado en este caso con 1.5 g supera el umbral con menor cantidad de bioadsorbente. Finalmente, en la investigación de

Collantes (2019), se aplicaron las dosis de (0, 50, 100 y 150) ppm con un tiempo de contacto de 120 minutos y con resultados de (0, 0.497, 0.997 y 1.491) mg/g de plomo; en general los casos de investigación de confirman la efectividad del bioadsorbente de naranja; las pequeñas diferencias pueden atribuirse a las condiciones experimentales específicas.

Se evaluó la eficiencia del bioadsorbente de naranja; obteniendo una remoción máxima de 69.26% reduciendo la concentración de plomo a 0.071 mg/L, lo que indica una eficiencia moderada y poco sensible a la variación de parámetros, a comparación con el caso del estudio de Rahman, Abbey y Ifelebuegu (2023), indicó que bioadsorción de la pectina que se encuentra presente en la cáscara de naranja tratada a una temperatura de 300°C y 500°C durante 1 hora, su propiedad de adsorción aumenta obteniendo remoción de 90% bajo las condiciones controladas. Por otro lado, Silva et al. (2022), la cáscara de naranja como bioadsorbente logró remover el 96.7 % de Pb utilizando 0.5 g.

De igual manera en la investigación de Lucín y Ramírez (2021), aplicaron la cáscara de naranja con adsorbente, para lo cual su capacidad se vio evidenciada en un porcentaje de remoción óptimo del 95 % a un pH igual a 4.27, confirmando que el pH es un parámetro crucial para optimizar el proceso de bioadsorción. Carbajal y Mendoza (2021) en su investigación evaluó la eficiencia del polvo de bioadsorbente de naranja para la remoción de los metales tóxicos, se obtuvo un porcentaje de remoción del 70 % al aplicar bioadsorbente de naranja en polvo combinado con  $\text{CaCl}_2$ . En un estudio realizado por Collantes (2019), identificó la efectividad de la cáscara de naranja de un 99.41 % de remoción de plomo. Además, Calixto & Gaona (2019) en su investigación logró un porcentaje de reducción de plomo (II) de 91.8%. Por último, en Ambrosio y Lara (2019) al aplicar el bioadsorbente de naranja, se obtuvo un porcentaje de remoción de un 52.6 % de plomo.

## VI. CONCLUSIONES

- La caracterización del drenaje ácido de mina proveniente de la ex unidad minera Huampar se encontraba en un PH de 4.27, en un entorno ácido; con una temperatura de 15.1°C. conductividad eléctrica fue de 184.0  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; lo que confirma la presencia de sales solubles; la concentración de plomo inicial fue de 0.321 mg/l; confirmando la contaminación por metales pesados.
- La dosis óptima de bioadsorción se encuentra en mayor eficiencia de remoción en una dosis de 1.5 g; logrando una remoción de 69.26% de plomo en un tiempo de contacto de 60 minutos con 0.071 mg/l. Sin embargo; no se observa diferencias significativas en remoción de plomo al variar dosis y tiempo de agitación; las mejoras podrían depender de otros factores o condiciones adicionales.
- Se evaluó la eficiencia del bioadsorbente de naranja; obteniendo una remoción máxima de 69.26% bajo condiciones de 1.5 g de bioadsorbente y 60 minutos de contacto; no obstante; en general no se observan diferencias estadísticamente significativas entre las distintas dosis y tiempo de agitación, lo que indica una eficiencia moderada y poco sensible a la variación de parámetros. Estos resultados sugieren que el bioadsorbente de naranja puede ser una alternativa viable pero limitada para tratamiento de DAM contaminado con plomo.

## VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda aplicar el método desarrollado en la presente investigación debido a que se logra alcanzar eficiencias superiores al 65%, haciéndolo viable para la remoción de plomo.
- Se recomienda realizar un tratamiento con cal al finalizar el experimento, con el objetivo de neutralizar la acidez del agua, esto permitirá estabilizar el pH y reducir sus posibles impactos ambientales.
- Se recomienda mejorar los tratamientos del bioadsorbente de naranja para mejorar la capacidad de adsorción, por medio de modificaciones de las variables de operación como las revoluciones, tiempos de sedimentación y otros.
- Se recomienda evaluar las condiciones del proceso como pH, temperatura y concentración de metales pesados para optimizar el proceso de remoción.
- Se recomienda utilizar otros bioadsorbente para remover el plomo, así como otros metales pesados considerados como tóxicos para los diferentes organismos.

## VIII. REFERENCIAS

- Abbey, S., & Ifelebuegu, A. (2023). Modified Orange Peel Waste as a Sustainable Material for Adsorption of Contaminants. Universidad del Oeste de Inglaterra, Bristol, Inglaterra. doi:10.3390/ma16031092
- Alfonso, M., López, O., Martínez, P., Teheran, R., Barragán, N., & Meneses, R. (2021). Estandarizar los procesos relacionado con Drenajes Ácidos Mineros (DAM). Bogotá: Asesoría Técnicas Geológicas ATG LTDA. Obtenido de [https://www.minenergia.gov.co/documents/9581/Cartilla\\_Lineamientos\\_Drenajes\\_%C3%A1cidos\\_mineros.pdf](https://www.minenergia.gov.co/documents/9581/Cartilla_Lineamientos_Drenajes_%C3%A1cidos_mineros.pdf)
- Alianza Por El Agua. (s.f.). Manual de Depuración de Aguas Residuales Urbanas.
- Ambrosio Vega, D. N., & Lara Tapia, J. H. (2019). "Consortio de biofiltro (Eichhornia crassipes y cáscara de naranja y residuos del maíz y agregados) para la reducción de arsénico y plomo en el agua potable de Pasco – 2019. (Tesis para obtener título profesional). Universidad César Vallejo., Lima, Perú.
- Arias, J., & Covinos, M. (2021). Diseño y metodología de la investigación. Enfoques consulting E.I.R.L. Obtenido de [https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w26022w/Arias\\_S2.pdf](https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w26022w/Arias_S2.pdf)
- Aziz, M., Aziz, R., Tariq Rafiq, M., Abbasi, M., Taneez, M., Usman Azhar, M., . . . Qayyum, A. (2022). Efficient Removal of Lead and Chromium From Aqueous Media Using Selenium Based Nanocomposite Supported by Orange Peel. (Artículo de investigación). Universidad Islámica Internacional., Islamabad, Pakistan. doi:<https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.947827>
- Bantie Sendekie, Z. (2023). Process optimization of Cr(VI) removal from aqueous solution using activated orange peel for treatment of tannery wastewater. (Tesis de Doctorado). Universidad Bahir Dar, Etiópia. doi:10.4314/ejst.v16i1.4

- Calixto Dominguez, C. M., & Gaona Lopez, B. A. (2019). Biosorción de plomo II con cáscara de naranja (*Citrus cinensis*) aplicado a efluentes acuosos. (Tesis para obtener el título profesional). Universidad Nacional del Callao., Callao, Perú.
- Carbajal Olortegui, H. G., & Mendoza Bellido, D. (2021). Reducción de la concentración de metales pesados por adsorción mediante cáscara de naranja en efluentes captados por la PTAP Emapa Chancay S.A.C. (Tesis para obtener el título profesional). Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú.
- Collantes Zegarra, L. (2019). Capacidad biosorbente de plomo de la cáscara de naranja (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) y la vaina de taya (*Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze). (Tesis para obtener Título profesional). Universidad Nacional de Cajamarca., Cajamarca, Perú.
- Casas Champi, R. J. (2023). Evolución de la cáscara de naranja *Citrus x sinensis* como bioadsorbente para la remoción de plomo y cadmio en muestras sintéticas a nivel de laboratorio, 2020.
- Congreso de la República del Perú. (1969). Ley N° 17752; Ley General de AGUAS. Lima.
- Congreso de la República del Perú. (2005). LEY 28611, Ley General del Ambiente. Lima: El Peruano. Obtenido de <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%B0-28611.pdf>
- Cordero Rojas, M. d., & Pinedo Alva, A. R. (2021). Remoción de Plomo Usando un Prototipo de Biofiltro, Cascara de Naranja en Aguas del Rio Santa, Sector Chuquicara – Ancash. (Tesis para obtener el título profesional). Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú.
- Devia Pinedo, J. (2003). Proceso para producir pectinas Cítricas. Revista Universal EART N° 129, 3.

- Diallo, G. (30 de Julio de 2020). Unicef. Obtenido de <https://www.unicef.org/es/comunicados-prensa/un-tercio-de-los-ni%C3%B1os-del-mundo-est%C3%A1-intoxicado-por-plomo-seg%C3%BAAn-un-nuevo>
- Diario Oficial El Peruano. (2004). Ley 28271, Ley que regula los Pasivos Ambientales de la actividad Minera.
- Eddy, M. &. (1998). Ingeniería de aguas residuales: Tratamiento, vertido y reutilización. (Vol. Volumen 1). McGPYR/7“H;LL/.
- Eddy, M. y. (1996). Ingeniería de Aguas Residuales Tratamiento, vertido y reutilización. (Vol. I). (A. G. Brage, Ed.) Madrid, España: McGRAW - HILL.
- Equipo de comunicación Aconsa. (12 de Febrero de 2021). Aconsa. Obtenido de <https://aconsa-lab.com/metales-pesados-en-el-agua-potable/>
- Fernández Rivas, A. (2019). Plan de Cierre de Pasivos Ambientales Mineros de la ex unidad minera Huampar. Callao: Universidad Nacional del Callao. doi:<https://hdl.handle.net/20.500.12952/4706>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., Baptista Lucio, M., Méndez Valencia, S., & Mendoza Torres, C. P. (2014). Metodología de la Investigación. México D.F: Mexicana.
- Hinostroza Antonio, E., Montes Leandro, L. A., & León Castillo, G. J. (2022). EVALUACIÓN DEL PROCESO DE ADSORCIÓN CON BIOCARBÓN DE CÁSCARA DE NARANJA A ESCALA LABORATORIO EN LA REMOCIÓN DE FENOLES DE UNA SOLUCIÓN SINTÉTICA, 2022. Universidad Nacional del Callao. Obtenido de <https://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/6943/TESIS%20-%20HINOSTROZA%20-%20MONTES%20-%20LEON.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

INEI. (24 de Junio de 2024). Estadísticas Ambientales. Séptimo Informe de estadística Ambiental, pág. 16.

Izaguirre Minaya, W. A., & Vasquez Bances, S. J. (2021). Remediación de plomo de la quebrada Yarush empleando biofiltro de cascara de naranja en Recuay. (Tesis para obtener el título profesional). Universidad César Vallejo., Lima, Perú.

Laborde., D. A. (2022). Directrices de la OMS 2021 para el tratamiento clínico de la exposición al plomo. Uruguay: World Health Organization. Obtenido de [https://www.paho.org/sites/default/files/2021-cde-gestion-clinica-plomo-oms-laborde\\_0.pdf](https://www.paho.org/sites/default/files/2021-cde-gestion-clinica-plomo-oms-laborde_0.pdf)

Lucín García, A. S., & Ramírez Méndez, M. (2021). Evaluación Bioadsorbente de Cáscaras de Naranja (*Citrus sinensis*) y mandarina (*Citrus reticulata*) en aguas estuarinas con presencia de Cadmio y Plomo. (Tesis para titulación). Universidad Agraria del Ecuador., Guayaquil, Ecuador.

Melendez, P. (05 de Julio de 2022). TSI LifeScience. Obtenido de Contaminación de metales pesados en aguas.: [https://tecnosolucionescr.net/blog/626-contaminacion-de-metales-pesados-en-aguas-potencial-toxico-para-su-salud-y-el-medio-ambiente#:~:text=Una%20vez%20que%20los%20metales,\(Sonone%20et%20al%2C%202020%3B](https://tecnosolucionescr.net/blog/626-contaminacion-de-metales-pesados-en-aguas-potencial-toxico-para-su-salud-y-el-medio-ambiente#:~:text=Una%20vez%20que%20los%20metales,(Sonone%20et%20al%2C%202020%3B)

Menéndez Gutiérrez, C., & Pérez Olmo, J. (2007). Procesos para el Tratamiento Biológico de Aguas Residuales Industriales. La Habana: Félix Varera.

MINAGRI. (2019). Ley de Recursos Hídricos: Ley N° 29338. Lima: ANA.

MINAM. (07 de Junio. de 2017). Decreto Supremo N° 004-2017. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias. Perú: Diario oficial El Peruano. Obtenido de <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>

- MINEM. (19 de Diciembre de 2023). Resolución Ministerial N.º 510-2023-MINEM/DM. Directiva que norma el procedimiento de Identificación y clasificación de Pasivos Ambientales Mineros. Perú: Diario Oficial El peruano. Obtenido de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5584355/4961275-rm-n-510-2023-minem-dm.pdf?v=1703177744>
- Ministerio de Energía y Minas (MINEM). (2004). Ley que regula los Pasivos Ambientales de la actividad Minera. Lima: El Peruano. Obtenido de <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%B0-28271.pdf>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2016). OS. 090 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. Lima: El Peruano.
- Moncayo Flores, M. A., & Zambrano Vélez, J. P. (2018). EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LAS ACTIVIDADES ANTROPOGÉNICAS EN LA CALIDAD DE AGUA DEL RÍO PORTOVIEJO (CADMIO Y PLOMO, ZONA METROPOLITANA). Obtenido de <https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/840/1/TTMA13.pdf>
- Moya Llamas, J. (2018). Electrocoagulación. En Tecnologías electroquímicas en el tratamiento de aguas.
- National Drinking Water Alliance. (s.f.). El plomo en Agua Potable. Obtenido de <https://www.edf.org/sites/default/files/content/water-fs-homeowner-sp4.pdf>
- Nicomedes Teodoro, E. N. (2018). Tipos de Investigación. Jicamarca: Universidad Santo Domingo de Guzman.
- Ñaupas, H., Valdivia, M., Palacios, J., & Romero, H. (2019). Metodología de la Investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis. Obtenido de [http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales\\_de\\_consulta/Drogas\\_de\\_Abuso/Articulos/MetodologiaInvestigacionNaupas.pdf](http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/MetodologiaInvestigacionNaupas.pdf)

- OEFA. (12 de Abril de 2022). Monitorean el contaminado río Santa Eulalia en Lima. Obtenido de <https://stakeholders.com.pe/medio-ambiente/agua/monitorean-el-contaminado-rio-santa-eulalia-en-lima/>
- Organismo de Evaluación de Fiscalización Ambiental. (2014). Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales. Lima: OEFA.
- Organización Mundial de la Salud. (31 de Agosto de 2022). Obtenido de who.int: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>
- Organización Mundial de la Salud. (31 de Agosto de 2022). Intoxicación por plomo y salud. Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>
- Pagan Gilabert, J. (1998). Degradación enzimática y características físicas y químicas de la pectina del bagazo de melocotón. Madrid: Universitat de Lleida.
- Pelaes Argomedo, M. D., & Rolsan Moreno, L. M. (2021). Capacidad de Bioadsorción de *Citrus x sinensis* en el tratamiento de aguas contaminadas con plomo de la cuenca del Río Moche. (Tesis para optar título profesional.). Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú.
- Pinzón Bedoya, M. L., & Cardona Tamayo, A. M. (2008). Caracterización de la cáscara de naranja para su uso como material bioadsorbente. Colombia.: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas.
- Pinzón Bedoya, M. L., & Cardona Tamayo, A. M. (2008). Caracterización de la cáscara de naranja para su uso como material bioadsorbentes. Pamplona: Facultad de Ciencias Básicas. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/903/90312176003.pdf>
- Rahman, A., Yoshida, K., & Monirul Islam, M. (2023). Investigation of Efficient Adsorption of Toxic Heavy Metals (Chromium, Lead, Cadmium) from Aquatic Environment Using

Orange Peel Cellulose as Adsorbent. Sustentabilidad.

doi:<https://www.mdpi.com/2071-1050/15/5/4470>

República del Perú. (1997). Ley 26842; Ley General de Salud. Lima: El Peruano.

Ricse Pizarro, J. B., & Naula Inga, L. C. (2024). Evaluación del tiempo de contacto y la dosis de los coagulantes citrus limon y citrus x sinensis en el tratamiento de aguas superficiales. (Tesis de titulación). Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú. doi: <http://hdl.handle.net/20.500.12894/10678>

Rubio Zarate, F. A. (2024). Capacidad de la Borra de Café para remover cobre y plomo del lixiviado generado en la celda transitoria de Rupa Rupa. [Tesis Profesional]. Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María.

Salas Urviola, F. B., Guadarrama Guzmán, P., Fernández Villagómez, G. F., González Sánchez, J. F., & Barraza Torres, L. A. (2020). PREDICCIÓN DE DRENAJE ÁCIDO DE MINA, , JALES DE LA MINA LA PRIETA, CHIHUAHUA, MÉXICO. *Revista Internacional Contaminación Ambiental*, 36(4). doi:<https://doi.org/10.20937/rica.53523>

Servicio Nacional de Sanidad Agraria del Perú (SENASA). (21 de Marzo de 2024). Freshplaza. Obtenido de <https://www.freshplaza.es/article/9611120/peru-inicia-campana-de-exportacion-de-citricos-2024-con-miras-a-superar-record-anterior/>

Silva Limal, J. M., Pereira de Souza, H. D., & Sucupira Cunhall, J. R. (2022). Use of orange peel (citrus sinensis) in the bioabsorption of potentially toxic metals from water resources through ICP-OES. *Ciência E Natura*. Universidad CEUMA, Saó Lios, Brasil. doi:<https://doi.org/10.5902/2179460X41261>

Soria Quispe, T. (2019). ESTUDIO DEL PROCESO DE ADSORCIÓN DE COBRE (II) DE SOLUCIONES ACUOSAS UTILIZANDO COMO MATERIAL ADSORBENTE EL ALBEDO DE LA CASCARA DE ANRANJA. Universidad Mayor de San Andres.

Obtenido de <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/32255/PG-7118.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Valle, M. Q. (21 de Marzo de 2024). Perú Inicia Campaña de Exportación de cítricos 2024 con miras a superar récord anterior. (P. Andino, Entrevistador)

## **IX. ANEXOS**

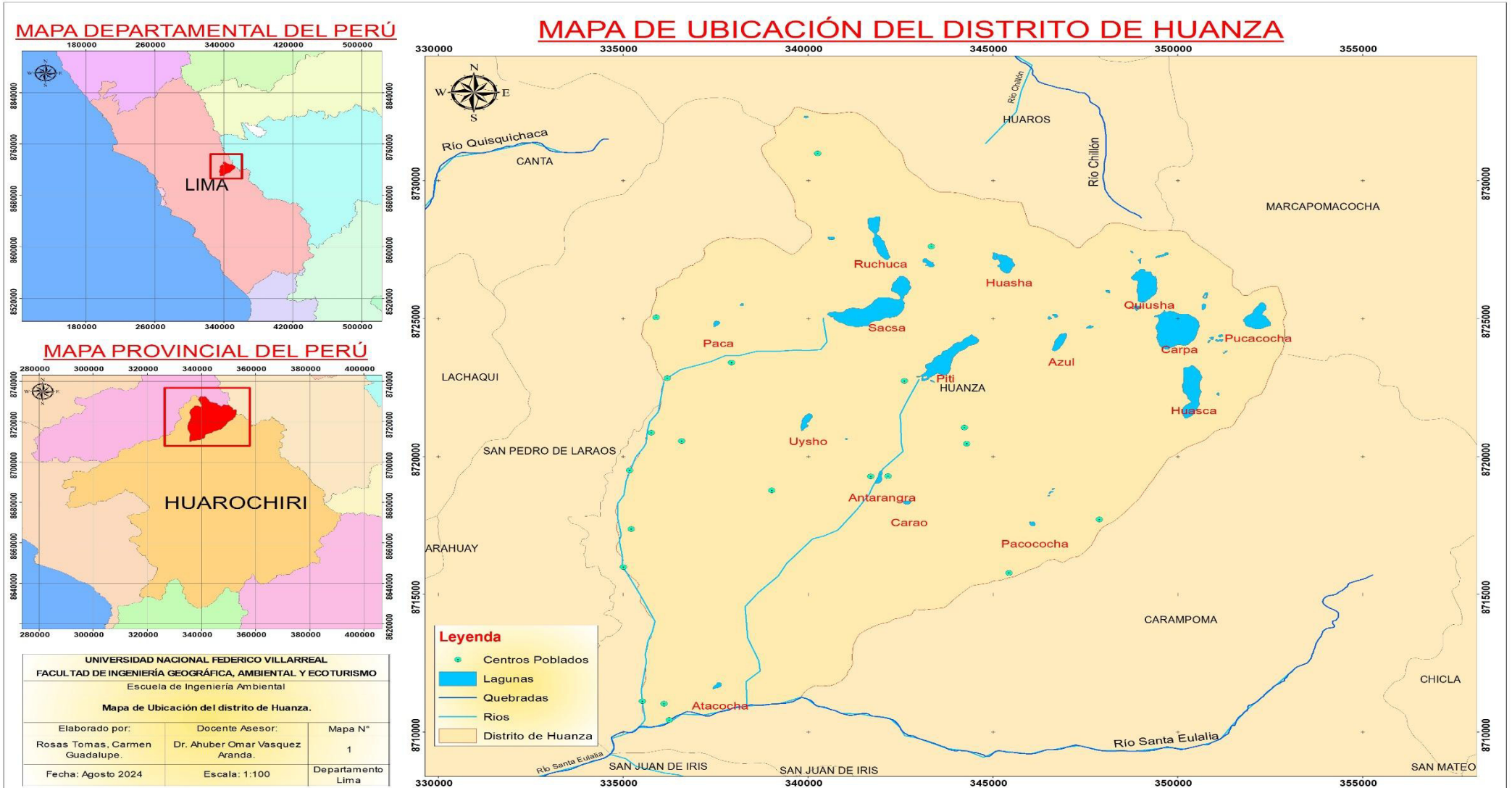
## ANEXO A: MATRIZ DE CONSISTENCIA

EVALUACIÓN DE BIOADSORBENTE DE NARANJA PARA LA REMOCIÓN DE PLOMO EN DRENAJE ÁCIDO DE LA EX UNIDAD MINERA HUAMPAR, HUANZA – HUAROCHIRI, 2024								
Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
<b>Problema General</b>	<b>Objetivo General</b>	<b>Hipótesis Primario</b>	<b>Variable independiente</b>	Se refiere a la capacidad de eliminar contaminantes específicos, como metales pesados; utilizando cascara de naranja de material absorbente natural; se toma en cuenta los factores que influyen en la absorción. (Rolando, 2023)	La eficiencia será evaluada mediante el uso de bioadsorbentes de naranja para la remoción de plomo utilizando variables operacionales; como la concentración de plomo y concentración de bioadsorbentes y aplicación de diferentes dosis, teniendo en cuenta la siguiente formula: Formula de eficiencia	Parámetros Inorgánico	Concentración de plomo	mg/L
¿Cómo es el tratamiento con bioadsorbente de Naranja para la remoción de plomo en drenaje ácido de la ex unidad minera Huampar, Huanza – Huarochirí, 2024?	Evaluar el tratamiento con bioadsorbente de naranja para la remoción de plomo en drenaje ácido de la ex unidad minera Huampar, Huanza – Huarochirí, 2024.	El tratamiento con bioadsorbente de naranja remueve las concentraciones de plomo en drenaje ácido de la ex unidad minera Huampar, Huanza – Huarochirí, 2024.	<i>Eficiencia de bioadsorbentes de naranja.</i>			Parámetro Orgánico	Concentración de bioadsorbentes	mg/g
						Variable de Operación	Volumen	L
							Tiempo de sedimentación	RPM
							Tiempo de agitación	Minutos
<b>Problema Especifico</b>	<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Hipótesis Secundarios</b>	<b>Variable dependiente</b>	Proceso de eliminación o reducción de la	Se evaluará la remoción mediante la caracterización	Parámetros	Potencial de Hidrogeno.	PH

<p>* ¿Cómo es la característica fisicoquímica del drenaje ácido de la ex unidad minera Huampar, Huanza – Huarochirí, 2024? * ¿Cuál es la dosis óptima de bioadsorbente de naranja que permite remover las concentraciones de plomo del Drenaje Acido en la ex unidad minera Huampar? * ¿Cuál es el porcentaje de eficiencia del tratamiento con bioadsorbente de naranja en la reducción de plomo del</p>	<p>* Caracterizar el drenaje ácido de la ex unidad minera Huampar, Huanza – Huarochirí, 2024. * Estimar la dosis óptima de bioadsorbente de naranja que permita remover las concentraciones de plomo del Drenaje Acido en la ex unidad minera Huampar. * Determinar el porcentaje de eficiencia del tratamiento con bioadsorbente de naranja en la reducción de plomo del Drenaje Acido</p>	<p>* La caracterización de los parámetros fisicoquímicos supera los LMP en el drenaje ácido de la ex unidad minera Huampar.  * Existe una relación entre la dosis óptima de bioadsorbente de naranja con la remoción de plomo en el drenaje ácido de la ex unidad minera Huampar.  * El tratamiento con bioadsorbente de naranja presenta un elevado nivel de eficiencia en la reducción de plomo del Drenaje Acido</p>	<p><i>Remoción de concentración de plomo en DAM.</i></p>	<p>presencia de plomo en las aguas almacenadas; con el único objetivo de minimizar su impacto en la calidad del agua cuidando la salud humana y el medio ambiente de los centros poblados cercanos; este proceso se realiza a través de técnica de absorción, precipitación, oxidación o un sistema de tratamiento de aguas. (Rolando, 2023)</p>	<p>inicial de los parámetros fisicoquímicos y la caracterización final analizando posteriormente la variación existente en el proceso final. Formula de la concentración</p>	<p>fisicoquímicos</p>	Conductividad Eléctrica	μS/cm
							Salinidad	%
							Sólidos Totales Disueltos.	mg/L
							Temperatura	°C

Drenaje Ácido en la ex unidad minera Huampar?	en la ex unidad minera Huampar.	de la ex unidad minera Huampar.						
---	---------------------------------	---------------------------------	--	--	--	--	--	--

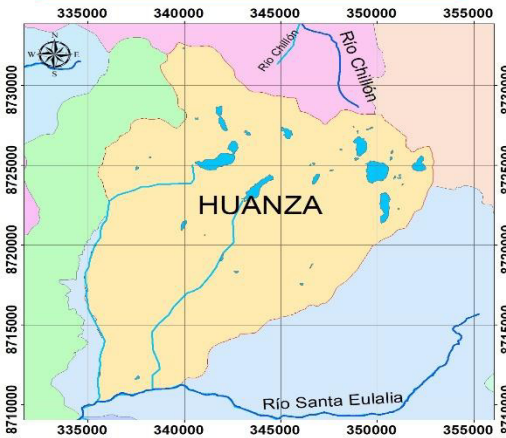
## ANEXO B: MAPAS DE DISTRIBUCIÓN



**MAPA PROVINCIAL DEL PERÚ**



**MAPA DISTRITAL DE HUANZA**

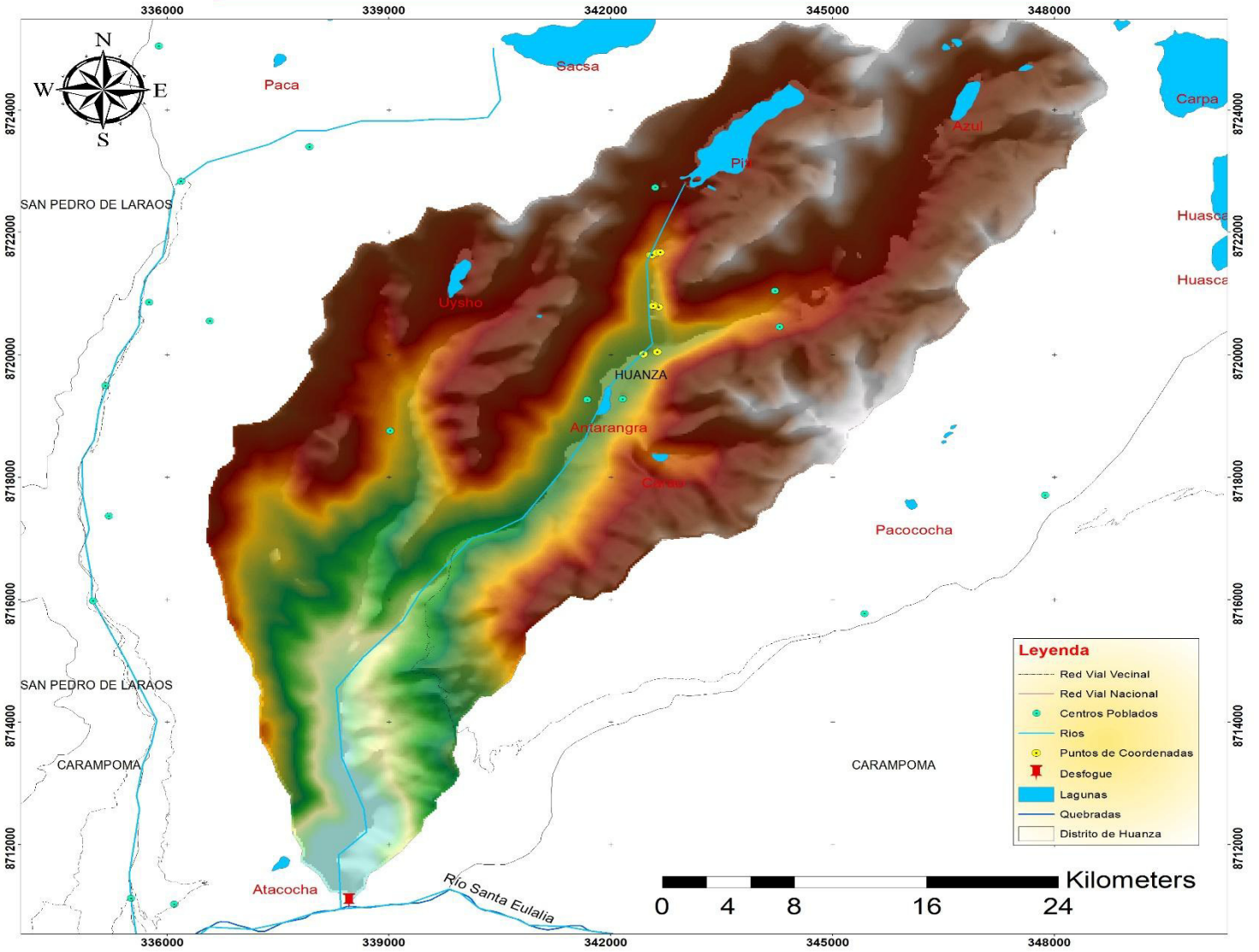


UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL  
 FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO  
 Escuela de Ingeniería Ambiental

**Ruta de Distribución de la Quebrada Conay.**

Elaborado por: Rosas Tomas, Carmen Guadalupe	Docente Asesor: Dr. Ahuber Omar Vasquez Aranda	Mapa N° 2
Fecha: Agosto 2024	Escala: 1:100	Departamento Lima

**MAPA DE LA CUENCA HIDROGRAFICA EN EL DISTRITO DE HUANZA**



**ANEXO C: PANEL FOTOGRÁFICO**

