

**UNIVERSIDAD DE HUANUCO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA AMBIENTAL**



**TESIS**

---

**“Efectividad del biofiltro de carbón activado de cáscara de limón  
(Citrus Limón) para la adsorción de plomo en disolución acuosa a  
nivel laboratorio”**

---

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

**AUTORA: Jacinto Bonifacio, Ernestina Julissa**

**ASESOR: Cámara Llanos, Frank Erick**

**HUÁNUCO – PERÚ**

**2025**

U

D

H



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

**TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:**

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

**LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:** Biotecnología y Nanotecnología

**AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN** (2020)

**CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:**

**Área:** Ingeniería, Tecnología

**Sub área:** Biotecnología ambiental

**Disciplina:** Biotecnología ambiental

**DATOS DEL PROGRAMA:**

Nombre del Grado/Título a recibir: Título

Profesional de Ingeniera ambiental

Código del Programa: P09

Tipo de Financiamiento:

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

**DATOS DEL AUTOR:**

Documento Nacional de Identidad (DNI): 73959406

**DATOS DEL ASESOR:**

Documento Nacional de Identidad (DNI): 44287920

Grado/Título: Maestro en ciencias de la salud con  
mención en: salud pública y docencia universitaria

Código ORCID: 0000-0001-9180-7405

**DATOS DE LOS JURADOS:**

| N° | APELLIDOS Y NOMBRES             | GRADO  | DNI      | Código ORCID        |
|----|---------------------------------|--|----------|---------------------|
| 1  | Morales Aquino, Milton Edwin    | Maestro en ingeniería, con mención en: gestión ambiental y desarrollo sostenible | 44342697 | 0000-0002-2250-3288 |
| 2  | Cajahuanca Torres, Raul         | Maestro en gestión pública   | 22511841 | 0000-0002-5671-1907 |
| 3  | Valdivia Martel, Perfecta Sofía | Maestro en Ingeniería con mención en: gestión ambiental y desarrollo sostenible  | 43616954 | 0000-0002-7194-3714 |



# UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

## Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

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

En la ciudad de Huánuco, siendo las 17:00 horas del día 18 del mes de diciembre del año 2025, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron el sustentante y el **Jurado Calificador** integrado por los docentes:

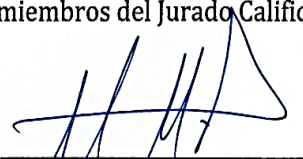
- Mg. Milton Edwin Morales Aquino (Presidente)
- Mg. Raul Cajahuanca Torres (Secretario)
- Mg. Perfecta Sofia Valdivia Martel (Vocal)

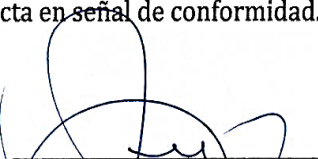
Nombrados mediante la **Resolución N° 2845-2025-D-FI-UDH** para evaluar la Tesis intitulada: **"EFECTIVIDAD DEL BIOFILTRO DE CARBÓN ACTIVADO DE CÁSCARA DE LIMÓN (*Citrus limón*) PARA LA ADSORCIÓN DE PLOMO EN DISOLUCIÓN ACUOSA A NIVEL LABORATORIO"**, presentado por el (la) Bach. **JACINTO BONIFACIO, ERNESTINA JULISSA** para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Ambiental.

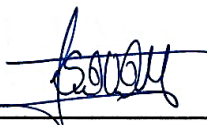
Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

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

Siendo las **18.5** horas del día **18** del mes de **diciembre** del año **2025**, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

  
Mg. Milton Edwin Morales Aquino  
DNI: 44342697  
ORCID: 0000-0002-2250-3288  
Presidente

  
Mg. Raul Cajahuanca Torres  
DNI: 22511841  
ORCID: 0000-0002-5671-1907  
Secretario

  
Mg. Perfecta Sofia Valdivia Martel  
DNI: 43616954  
ORCID: 0000-0002-7194-3714  
Vocal



## UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

### CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: ERNESTINA JULISSA JACINTO BONIFACIO, de la investigación titulada "EFECTIVIDAD DEL BIOFILTRO DE CARBÓN ACTIVADO DE CÁSCARA DE LIMÓN (CITRUS LIMÓN) PARA LA ADSORCIÓN DE PLOMO EN DISOLUCIÓN ACUOSA A NIVEL LABORATORIO", con asesor(a) FRANK ERICK CAMARA LLANOS, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 1758-2023-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA AMBIENTAL.

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

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

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

Huánuco, 31 de julio de 2025



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



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



## 150. Jacinto Bonifacio, Ernestina Julissa.docx

### INFORME DE ORIGINALIDAD

24%

INDICE DE SIMILITUD

24%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

1

[investigacion.cloududh.com](http://investigacion.cloududh.com)

Fuente de Internet

12%

2

[hdl.handle.net](http://hdl.handle.net)

Fuente de Internet

4%

3

[repositorio.udh.edu.pe](http://repositorio.udh.edu.pe)

Fuente de Internet

2%

4

[repositorio.lamolina.edu.pe](http://repositorio.lamolina.edu.pe)

Fuente de Internet

1%

5

[repositorio.ucv.edu.pe](http://repositorio.ucv.edu.pe)

Fuente de Internet

1%



RICHARD J. SOLIS TOLEDO

D.N.I.: 47074047

cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA

D.N.I.: 71345687

cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

## **DEDICATORIA**

A Dios por haberme brindado la existencia y orientarme en mi trayecto vital, brindándome la fuerza, el respaldo, la fortaleza y la tenacidad, permitiéndome no caer en este esfuerzo de mi formación como futura ingeniera ambiental.

A mis padres Cesar y Reyna, por ser la chispa que enciende las esperanzas de cumplir cada sueño que tengo, por su paciencia al ayudarme a concluir mi carrera y por su respaldo constante que me impulsa a avanzar.

A mis hermanos, Lindolfo, Mirella y Cesitar por estar siempre a mi lado, acompañándome, apoyándome incondicionalmente para lograr esta meta.

## **AGRADECIMIENTO**

A la Institución Universitaria de Huánuco, específicamente a la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, por aceptar mi integración y tener la oportunidad de desarrollarme profesionalmente.

A mi asesor Mg. Frank Cámara Llanos agradezco su tiempo y oportunidad para aplicar sus competencias y conocimientos, además de proporcionar recomendaciones en el transcurso del proceso de desarrollo y revisión de la tesis, brindándome su respaldo para la culminación de este proyecto.

A mis jurados Mg. Perfecta Sofía Valdivia, Mg. Milton Morales y Mg. Raúl Cajahuanca por su paciencia, por compartir sus conocimientos y tomarse el tiempo para orientarme y responder las dudas que tenía.

En conclusión, expreso mi gratitud hacia mis amigos y colegas de todas las etapas de la universidad por su colaboración en el transcurso de nuestra formación académica.

## ÍNDICE

|  |      |
|--|------|
| DEDICATORIA .....                            | II   |
| AGRADECIMIENTO .....                         | III  |
| ÍNDICE .....                                 | IV   |
| ÍNDICE DE TABLAS .....                       | VII  |
| ÍNDICE DE FIGURAS .....                      | IX   |
| ÍNDICE DE FOTOGRAFÍA .....                   | X    |
| RESUMEN .....                                | XI   |
| ABSTRACT .....                               | XII  |
| INTRODUCCIÓN .....                           | XIII |
| CAPÍTULO I .....                             | 14   |
| PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....              | 14   |
| 1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....          | 14   |
| 1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....          | 15   |
| 1.2.1. PROBLEMA GENERAL .....                | 15   |
| 1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS .....           | 15   |
| 1.3. OBJETIVOS .....                         | 16   |
| 1.3.1. OBJETIVO GENERAL .....                | 16   |
| 1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....           | 16   |
| 1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN ..... | 16   |
| 1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN .....  | 17   |
| 1.5.1. LIMITACIÓN DE TIEMPO .....            | 17   |
| 1.5.2. LIMITACIÓN DE ESPACIO .....           | 17   |
| 1.5.3. LIMITACIÓN DE RECURSOS .....          | 17   |
| 1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN .....    | 17   |
| CAPÍTULO II .....                            | 19   |
| MARCO TEÓRICO .....                          | 19   |
| 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....  | 19   |
| 2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES .....    | 19   |
| 2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES .....         | 21   |
| 2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES .....            | 23   |
| 2.2. BASES TEÓRICAS .....                    | 25   |
| 2.2.1. BIOFILTRO .....                       | 25   |

|                                       |   |    |
|---------------------------------------|---|----|
| 2.2.2.                                | CARBÓN ACTIVADO .....   | 26 |
| 2.2.3.                                | CÍTRICOS .....  | 31 |
| 2.2.4.                                | METALES PESADOS .....   | 35 |
| 2.2.5.                                | ADSORCIÓN.....  | 42 |
| 2.3.                                  | DEFINICIONES CONCEPTUALES .....                                   | 45 |
| 2.3.1.                                | CARBÓN ACTIVADO .....   | 45 |
| 2.3.2.                                | ACTIVACIÓN FÍSICA .....   | 46 |
| 2.3.3.                                | ACTIVACIÓN QUÍMICA .....  | 46 |
| 2.3.4.                                | LIMÓN .....   | 46 |
| 2.3.5.                                | PLOMO .....   | 46 |
| 2.3.6.                                | ADSORCIÓN.....  | 46 |
| 2.3.7.                                | ADSORCIÓN CON CARBÓN ACTIVO .....                                 | 47 |
| 2.3.8.                                | BIOSORCIÓN.....   | 47 |
| 2.4.                                  | HIPÓTESIS.....  | 47 |
| 2.4.1.                                | HIPÓTESIS GENERAL .....   | 47 |
| 2.4.2.                                | HIPÓTESIS ESPECIFICO.....   | 47 |
| 2.5.                                  | VARIABLES.....  | 48 |
| 2.5.1.                                | VARIABLE INDEPENDIENTE .....                                      | 48 |
| 2.5.2.                                | VARIABLE DEPENDIENTE .....  | 48 |
| 2.6.                                  | OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES (DIMENSIONES E INDICADORES) ..... | 44 |
| CAPÍTULO III.....                     |   | 45 |
| METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN ..... |   | 45 |
| 3.1.                                  | TIPO DE INVESTIGACIÓN .....                                       | 45 |
| 3.1.1.                                | ENFOQUE.....  | 45 |
| 3.1.2.                                | ALCANCE O NIVEL .....   | 46 |
| 3.1.3.                                | DISEÑO.....   | 46 |
| 3.2.                                  | POBLACIÓN Y MUESTRA .....   | 48 |
| 3.2.1.                                | POBLACIÓN .....   | 48 |
| 3.2.2.                                | MUESTRA.....  | 49 |
| 3.3.                                  | TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS... ..              | 49 |
| 3.3.1.                                | RECOLECCIÓN DE DATOS .....  | 49 |
| 3.3.2.                                | METODOLOGÍA.....  | 50 |

|  |    |
|--|----|
| 3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN ..... | 67 |
| 3.4.1. PRESENTACIÓN DE DATOS .....                                     | 67 |
| 3.4.2. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS .....                    | 67 |
| CAPÍTULO IV.....   | 57 |
| RESULTADOS.....  | 57 |
| 4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS.....                                       | 57 |
| 4.1.1. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LA MATERIA PRIMA .....           | 57 |
| 4.1.2. RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DEL CARBÓN ACTIVADO .....            | 60 |
| 4.1.3. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE ADSORCIÓN DE PLOMO .....         | 63 |
| 4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS..                | 57 |
| 4.2.1. HIPÓTESIS GENERAL .....   | 57 |
| 4.2.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1 .....                                    | 57 |
| 4.2.3. HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2 .....                                    | 59 |
| 4.2.4. HIPÓTESIS ESPECÍFICA 3 .....                                    | 60 |
| CAPÍTULO V.....  | 63 |
| DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....   | 63 |
| CONCLUSIONES .....   | 65 |
| RECOMENDACIONES.....   | 67 |
| REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA .....   | 68 |
| ANEXOS.....  | 78 |



## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1 Operacionalización de variables .....   | 44 |
| Tabla 2 Matriz experimental.....  | 48 |
| Tabla 3 Coordinadas de ubicación del laboratorio de la Universidad de Huánuco .....   | 49 |
| Tabla 4 Instrumentos de recolección de datos .....  | 49 |
| Tabla 5 El equilibrio entre el soluto y el solvente en la disolución.....   | 64 |
| Tabla 6 La cantidad de carbón activado empleado en cada experimento ...   | 64 |
| Tabla 7 Efectos del estudio de la evaporación cascara madura y verde .....  | 57 |
| Tabla 8 Logros del análisis de contenido de ceniza de la cascara madura y verde.....  | 58 |
| Tabla 9 Logros del análisis de contenido de material volátil de la cascara madura y verde .....                               | 58 |
| Tabla 10 Resultados del análisis de contenido de carbono fijo de la cascara madura y verde .....                              | 59 |
| Tabla 11 Resultados del análisis de la cascara madura y verde .....   | 59 |
| Tabla 12 Resultados del análisis de rendimiento de carbón activado a base de la cascara madura y verde.....                   | 60 |
| Tabla 13 Resultados del análisis de contenido de humedad a base de la cascara madura y verde .....                            | 61 |
| Tabla 14 Resultados del análisis de contenido de material volátil de carbón activado a base de la cascara madura y verde..... | 61 |
| Tabla 15 Resultados del análisis de contenido de ceniza de carbón activado a base de la cascara madura y verde .....          | 62 |
| Tabla 16 Resultados del análisis de carbono fijo de carbón activado a base de la cascara madura y verde.....                  | 63 |
| Tabla 17 Resultados del análisis de carbón activado a base de la cascara madura y verde .....                                 | 63 |
| Tabla 18 Concentración inicial y código de repeticiones para cada muestra   | 64 |
| Tabla 19 Ph de cada muestra durante la adsorción.....   | 65 |
| Tabla 20 Resultados concentración final de plomo de la concentración inicial número 1.....                                    | 65 |

|  |    |
|--|----|
| Tabla 21 Resultados concentración final de plomo de la concentración inicial número 2.....   | 66 |
| Tabla 22 Resultados concentración final de plomo de la concentración inicial número 3.....   | 66 |
| Tabla 23 Resultados concentración final de plomo (Pb) de la concentración inicial número 4.....  | 67 |
| Tabla 24 Resultados de concentración final de plomo (Pb) de todas las concentraciones con respecto a la concentración inicial .....          | 67 |
| Tabla 25 Resultados del porcentaje de remoción de plomo (Pb) de diferentes concentraciones con respecto a la concentración inicial .....     | 68 |
| Tabla 26 Resultados del porcentaje de remoción promedio .....  | 69 |
| Tabla 27 Estadística descriptiva del porcentaje de remoción de plomo con carbón activado de cascara verde .....                              | 57 |
| Tabla 28 Estadística descriptiva del porcentaje de remoción de plomo con carbón activad de cascara madura .....                              | 58 |
| Tabla 29 ANOVA del porcentaje de remoción de plomo en carbón activado de cáscara de limón (Citrus limón) verde.....                          | 58 |
| Tabla 30 Tukey del porcentaje de remoción de plomo (Pb) con carbón activado de cáscara de limón (Citrus limón) verde por subconjuntos .....  | 58 |
| Tabla 31 ANOVA del porcentaje de remoción de plomo (Pb) con carbón activado de cáscara de limón (Citrus limón) maduro .....                  | 59 |
| Tabla 32 Tukey del porcentaje de remoción de plomo (Pb) con carbón activado de cáscara de limón (Citrus limón) maduro por subconjuntos ..... | 60 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 Limón real (Citrus limón).....   | 34 |
| Figura 2 Distribución del agua .....  | 40 |
| Figura 3 Causa y efecto.....  | 46 |
| Figura 4 Selección de cáscaras (Citrus limón).....  | 50 |
| Figura 5 Lavado de limones (Citrus limón) .....   | 50 |
| Figura 6 Secado del limón (Citrus limón) .....  | 51 |
| Figura 7 Impregnación con NaOH 0,1M .....   | 51 |
| Figura 8 Lavado y secado de la cáscara .....  | 52 |
| Figura 9 Proceso para la caracterización de la materia prima .....  | 53 |
| Figura 10 Proceso para la caracterización de la materia prima .....   | 54 |
| Figura 11 Proceso para determinar el contenido volátil de la cáscara.....   | 55 |
| Figura 12 Procedimiento para la activación de la cascara.....   | 56 |
| Figura 13 Proceso de carbonización.....   | 57 |
| Figura 14 Proceso de limpieza, secado, molienda y tamizado del carbón<br>activado .....   | 58 |
| Figura 15 Proceso de fabricación del carbón activado .....  | 59 |
| Figura 16 Muestras de carbón activado.....  | 60 |
| Figura 17 Muestras de carbón activado en crisoles.....  | 60 |
| Figura 18 Proceso de adsorción .....  | 65 |
| Figura 19 Muestras verificadas.....   | 66 |
| Figura 20 Grafica del porcentaje de remoción de plomo con carbón activado<br>de cascara madura con respecto a las concentraciones iniciales de plomo    | 68 |
| Figura 21 Grafica del porcentaje de remoción de plomo con carbón activado<br>de cascara verde con respecto a las concentraciones iniciales de plomo ... | 69 |
| Figura 22 Grafica de los resultados del porcentaje de remoción promedio .   | 70 |
| Figura 23 Grafica de los resultados del porcentaje de remoción promedio con<br>respecto al Ph.....  | 70 |
| Figura 24 Tendencia polinomial de los porcentajes de remoción de plomo en<br>carbón activado de cáscara de limón (Citrus limón) verde .....             | 61 |
| Figura 25 Tendencia polinomial de los porcentajes de remoción de plomo en<br>carbón activado de cáscara de limón (Citrus limón) maduro .....            | 62 |

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍA

|   |     |
|---|-----|
| Fotografía 1 Selección de las cáscaras verdes y maduras del limón.....                              | 120 |
| Fotografía 2 Secado de las ambas cáscaras a 110° en la estufa .....                                 | 120 |
| Fotografía 3 Secado, impregnación con NaOH y lavado .....   | 121 |
| Fotografía 4 Caracterización de la materia prima .....  | 122 |
| Fotografía 5 Proceso para determinar el contenido volátil de la cáscara..                           | 123 |
| Fotografía 6 Pre la supervisión del docente asesor .....  | 124 |
| Fotografía 7 Evaluación del carbón activado .....   | 124 |
| Fotografía 8 Proceso de adsorción de plomo con carbón activado, con la supervisión del jurado ..... | 125 |

## RESUMEN

Análisis que se enfoca en evaluar la efectividad del carbón activado, elaborado a partir de cáscara de limón (Citrus limón) verde y madura, en la adsorción de plomo (Pb). La modalidad de investigación adoptada es aplicada, adoptando un enfoque cuantitativo y con una extensión explicativa. La metodología se estableció mediante la caracterización independiente de las cáscaras de Limón verde y madura. Se empleó ácido fosfórico ( $H_3PO_4$ ) para la activación del carbón. Los parámetros analizados del carbón activado incluyen: cantidad de humedad, contenido de compuesto volátil, contenido de ceniza y contenido de carbono. La adsorción empleó soluciones de plomo (Pb) en concentraciones de 0, 20, 40 y 60 mg/L. En cada tratamiento de 500 ml de agua contaminada, se aplicaron 6 g de carbón activado, con tres repeticiones para cada concentración. En total, se llevaron a cabo 24 experimentos.

En los resultados de caracterización de la cascara madura se obtuvo, 10.6311% humedad, 7.7398% contenido de ceniza, 73.9653% material volátil y 7.9208% carbono fijo; de la cascara verde, 10.2355% humedad, 8.0580% contenido de ceniza, 71.1186% material volátil y 10.5880% carbono fijo. Se analizó los parámetros del carbón activado de cascara madura, 26.3191% rendimiento, 7.1922% humedad, 6.7777% material volátil, 10.0820% contenido de ceniza, 76.9480% carbono fijo; del carbón activado de cascara verde, 28.0570% rendimiento, 8.2920% humedad, 8.1351% material volátil, 11.9096% contenido de ceniza y 71.6636% carbono fijo. En la adsorción de plomo (Pb) con carbón activado de cascara madura se obtuvo el porcentaje de remoción de la concentración 0 mg/L (100%), 20 mg/L (98.032%), 40 mg/L (93.583), 60 mg/L (81.794); de la adsorción con carbón activado de cascara verde, 0mg/L (100%), 20 mg/L (97.053%), 40 mg/L (89.566%) y de 60 mg/L (67.833%). Se finaliza que los resultados de adsorción fueron positivos, la concentración optima fue de 20mg/L que se removió 98.032% de plomo (Pb) con carbón activado de cascara madura y 97.053% con carbón activado de cascara verde.

**Palabras claves:** Biofiltro, carbón, actividad, cascara, limón, plomo.

## ABSTRACT

This analysis focuses on evaluating the advantage of activated carbon, made from green and ripe lemon (*Citrus limon*) peel, in lead (Pb) adsorption. The research modality adopted is applied, adopting a quantitative approach and with an explanatory extension. The methodology was established through the independent characterization of green and ripe lemon peels. Phosphoric acid ( $H_3PO_4$ ) was used for carbon activation. The activated carbon parameters analyzed included: condensation rate, volatile compound content, ash content, and stable carbon content. The adsorption employed lead (Pb) solutions at concentrations of 0, 20, 40, and 60 mg/L. In each 500 ml treatment of contaminated water, 6 g of activated carbon were applied, with three replicates for each concentration. A total of 24 experiments were conducted.

In the characterization results of the mature shell, 10.6311% humidity, 7.7398% ash content, 73.9653% volatile material and 7.9208% fixed carbon were obtained; of the green shell, 10.2355% humidity, 8.0580% ash content, 71.1186% volatile material and 10.5880% fixed carbon. The parameters of the activated carbon of mature shell were analyzed, 26.3191% yield, 7.1922% humidity, 6.7777% volatile material, 10.0820% ash content, 76.9480% fixed carbon; of green shell activated carbon, 28.0570% yield, 8.2920% humidity, 8.1351% volatile matter, 11.9096% ash content and 71.6636% fixed carbon. In the adsorption of lead (Pb) with mature shell activated carbon the percentage removal of the concentration 0 mg / L (100%), 20 mg / L (98.032%), 40 mg / L (93.583), 60 mg / L (81.794) was obtained; of the adsorption with green shell activated carbon, 0 mg / L (100%), 20 mg / L (97.053%), 40 mg / L (89.566%) and 60 mg / L (67.833%). It is concluded that the adsorption results were positive, the optimal concentration was 20 mg/L, which removed 98.032% of lead (Pb) with mature shell activated carbon and 97.053% with green shell activated carbon.

**Keywords:** Biofilter, carbon, activity, peel, lemon, lead.



## INTRODUCCIÓN

Los metales pesados en las masas de agua constituyen un problema ambiental de considerable impacto que compromete severamente la salud humana y el ecosistema acuático. En la urbe de Huánuco, el río Huallaga alberga una concentración significativa de metales pesados, incluyendo plomo, zinc, aluminio, hierro, magnesio y sólidos suspendidos, desde la localidad de Ambo hasta Acomayo, de acuerdo con un informe de la Autoridad del Agua.

El plomo (Pb) presente en el agua representa una contaminación significativa, originada primordialmente por actividades antropogénicas. La reducción de la concentración de plomo (Pb) en el agua se puede lograr mediante diversos métodos. No obstante, el principal inconveniente de las técnicas de tratamiento convencionales radica en la utilización de materiales no renovables. La adsorción utilizando carbón activado, en contraste con otros métodos, se distingue por su costo reducido, la retención de componentes metálicos en existencia de otros cationes y la posibilidad de recuperación de componentes metálicos pesados. El carbón activado, un absorbente poroso que en la actualidad es el más empleado para la purificación del agua, puede ser adquirido de diversos tipos de materia prima, tanto orgánica como inorgánica.

En el presente estudio, la materia prima para la elaboración del carbón activado es la cáscara de limón. En otros estudios similares ya se han utilizado los cítricos en la elaboración de la materia absorbente perfecto para la purificación de aguas residuales.

Este proyecto se enfoca en la evaluación de la adsorción de plomo (Pb) con carbón activado, compuesto por cáscara de limón con activación química ( $H_3PO_4$ ). Con el objetivo de establecer la eficacia del carbón activado, se evaluaron las propiedades físicas del material precursor (cáscara de limón) y del carbón activado. Se llevó a cabo la medición del rango del Ph empleado en la disolución de plomo (Pb), para posteriormente calcular el porcentaje de eliminación.

# **CAPÍTULO I**

## **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

La polución de agua derivada de metales pesados constituye una problemática global, originada primordialmente por factores antropogénicos. El plomo es un metal pesado de alta toxicidad. Porras y Martínez (2019) señalan que la contaminación acuática por plomo es uno de los problemas más graves, dado que este metal pesado bioacumulable y un contaminante de alta toxicidad ha representado un desafío para la vida a lo largo de numerosos años. (p.12).

Durante un período prolongado, Las Naciones Unidas han lidiado con el desafío planetario de la escasez de agua y la incesante necesidad. Según los datos proporcionados por las Naciones Unidas, se calcula que diariamente 2 millones de toneladas de aguas residuales son lanzadas a los manantiales del planeta. Adicionalmente, argumenta que la contaminación acuática por plomo constituye un problema de gravedad significativa, dado que pone en riesgo la salud humana. Este metal, una neurotoxina de alta potencia, causa una lesión irreversible en el cerebro infantil y resulta particularmente perjudicial para los infantes menores de cinco años (ONU, s/f).

En Perú, conforme a datos ofrecidos por la entidad Nacional del Agua (ANA), las corrientes fluviales y se encuentran envenenadas por las actividades mineras en todo el país. El proyecto El Mantaro resurge (2007). Durante su travesía, transporta 0.630 mg/L de plomo (II), 30 veces más allá del límite legal peruano, y en su travesía hacia Jauja, en la provincia de Junín, transporta 11833 toneladas de plomo anualmente, envenenando las tierras agrícolas y ganaderas en la región central de nuestra nación. (Bonilla, Tejada, y Del Pino, 2007, p.29-30).

En la ciudad Huánuco, (2015) la Autoridad Nacional determinó que todos los aspectos del manejo del río Huallaga superan los límites ECA para metales pesados. El río Huallaga, desde Ambo hasta Acomayo, se llena de metales

pesados, tales como plomo, zinc, aluminio, hierro, magnesio y sólidos en suspensión. Así pues, en este rincón de la cuenca del río Huallaga se presentan desafíos en la pureza del agua, ya sea por causas artificiales o naturales.

Actualmente, a los procesos tradicionales de efluentes, se están sumando procesos que son no tradicionales o biotecnológicos. Varios autores reiteran su preocupación por la adsorción y el uso de adsorbentes naturales como una posible opción para combatir la contaminación ambiental. La mayoría de las operaciones tradicionales de remoción de metales tienen un alto precio por sus operaciones, lo que no es adecuado para pequeñas industrias. Por este motivo, es necesario idear técnicas de remoción innovadoras adaptadas a las necesidades específicas. (Aguilar y flores, 2018).

Diversos estudiosos apuntan que la técnica de adsorción con carbón activado a partir de desechos de cítricos nos permite disminuir la presencia de plomo en el líquido vital. Según Aguilar y Flores (2018), aunque nuestra nación es un colosal productor de cítricos y sus derivados, sus desechos no se emplean al máximo, ya que se emplean como aditivos alimentarios, pero la mayoría se desvanecen (Proyectos Peruanos) (p.2).

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. PROBLEMA GENERAL**

¿Cuál es la efectividad del biofiltro de carbón activado de cáscara de limón (*Citrus limón*) para la adsorción de plomo en disolución acuosa a nivel laboratorio?

### **1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

¿Cuál es la efectividad del biofiltro de carbón activado de cáscara de limón (*Citrus limón*) verde para la adsorción de plomo en disolución acuosa a nivel laboratorio?

¿Cuál es la efectividad del biofiltro de carbón activado de cáscara de limón (*Citrus limón*) maduro para la adsorción de plomo en disolución acuosa a nivel laboratorio?

¿Cuál es la concentración de plomo en disolución acuosa que será removida con mayor efectividad en la adsorción con carbón activado de cáscara de limón (*Citrus limón*)?

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Determinar la efectividad de un biofiltro de carbón activado a base de cascara de limón (*Citrus limón*) en la adsorción de plomo en disolución acuosa a nivel laboratorio.

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Determinar la efectividad de un biofiltro de carbón activado a base de cascara de limón (*Citrus limón*) verde en la adsorción de plomo en disolución acuosa a nivel laboratorio.

Determinar el efecto de un biofiltro de carbón activado a base de cascara de limón (*Citrus limón*) maduro en la adsorción de plomo en disolución acuosa a nivel laboratorio.

Determinar la concentración de plomo en disolución acuosa que será removida con mayor efectividad en la adsorción con carbón activado de cáscara de limón (*Citrus limón*).

### **1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

Este estudio adquiere importancia científica porque contribuye y agiliza las investigaciones que buscan solucionar los problemas de ríos infestados por metales tóxicos. Hoy en día, el mundo está sumergido de la presencia de metales en el agua es un tema de preocupación global, ya que la mayoría de las empresas vierten sus efluentes directamente en los ríos, provocando así una polución. Por ello, se propone tratar el agua con innovadoras técnicas, empleando carbón activado a partir de desechos orgánicos para absorber los metales, evitando así la polución en el entorno natural. Además, puede servir como cimiento para futuras indagaciones sobre el asunto.

En lo que respecta a la pureza del agua, este estudio nos ofrece una alternativa para purificar el agua contaminada. De esta manera, los beneficiarios serán todos los individuos al beber agua libre de estos metales nocivos, y además, facilitará a mejorar la condición de confort de la población.

Este método destaca por su costo accesible, eficiencia asombrosa, reducción de servicios químicos y lodos biológicos, y la posibilidad de recuperar metales (Cabera y Arévalo, 2017).

Por esta razón, estoy llevando a cabo esta investigación empleando carbón activado a base de cáscara de limón (Citrus limón).

## **1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.5.1. LIMITACIÓN DE TIEMPO**

El tiempo de procesamiento del carbón activado. Las otras actividades se realizaron de acuerdo al cronograma determinado, por ende, no presenta un gran límite de tiempo para la ejecución del proyecto de investigación.

### **1.5.2. LIMITACIÓN DE ESPACIO**

La investigación no presenta limitaciones espaciales ya que fue accesible trabajar dentro del laboratorio porque la presente investigación se realizó a pequeña escala para.

### **1.5.3 LIMITACIÓN DE RECURSOS**

Están relacionadas con los costos del examen de los diferentes tipos de agua que serán enviada a la ciudad de Lima para su respectivo análisis, en la producción del carbón activado, y en la ejecución del proyecto.

## **1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN**

Este estudio fue factible tanto a nivel social como económico y ecológico. Al llevar a cabo este análisis, la comunidad se beneficia, pues optar por tratar

el agua contaminada por metales pesados elevará la calidad de vida. Además, esta técnica de adsorción de metales pesados a base de la cáscara de limón beneficia a la población actual como a las venideras, permitiendo que la gente se interese en este estudio.

Este estudio demostró ser factible, ya que reducirá la polución acuática no solo por plomo, sino también por diversos metales pesados que son devastadores, y otros estudios similares demostraron que es factible y efectivo en favor de la salud humana y el entorno natural. También resulta factible financieramente, ya que ofrece tarifas accesibles para llevar a cabo esta investigación.

Finalmente, el estudio es viable porque ha sido autofinanciado. Asimismo, es viable debido a que se realizó una investigación alineada con la línea de investigación del programa académico de Ingeniería Ambiental.



## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES**

Pérez (2021) En su investigación titulada Coronta de maíz carbonizada hidrotermalmente, la Universidad de Chile ha revelado cómo la coronta de maíz puede atrapar cobre, cadmio y plomo en su mezcla. Experimentó la tentación de atrapar cobre, cadmio y plomo en su danza fluida. La técnica consistió en recolectar tres trozos de coronilla de maíz, se analizaron por su riqueza en cobre, cadmio y plomo y se carbonificaron en agua caliente. Mediante el fascinante microscopio electrónico de barrido, se pueden desvelar los vínculos y discordias entre los materiales ancestrales, carbonizados y carbón activado comercial. Los hallazgos revelan que la epidermis del maíz se transforma en un manantial fértil de metales, actuando como un carbón activado. En el análisis de masa, el pH óptimo para cobre y plomo es 5, mientras que para cadmio es 7, y en el análisis de masa, ambos materiales mostraron comportamientos idénticos, aunque su capacidad de absorber se vio mermada al incrementar La sustancia absorbente. Al cabo de dos horas, cobre, cadmio y plomo se encuentran en una corona de carbono y carbón activado.encontraron su armonía perfecta. Las adsorciones navegaron por el sendero  $Pb > Cd > Cu$ , logrando un 99,1% de eficiencia en la corona carbonizada para el plomo.

Vidal (2022) en su presentación de su tesis titulada Fabricación de Carbón Activado a partir del cuesco de Nogal (*Juglans neotropica*), con el propósito de tratar soluciones acuosas de tintes en una planta de jeans en Ecuador. El estudio pretende fabricar carbón activo a partir del Cuesco de Nogal *Juglans neotropica* mediante la magia del  $H_3PO_4$ . El método se empleó para lograr la adhesión de pigmentos en un fragmento de desechos de una fábrica de jeans. El proceso se realizó empleando

H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> al 85% y al 40% en un entorno de 350 °C durante dos horas. El análisis minucioso de la materia prima y los carbones activados se realizó siguiendo las directrices NTE INEN, adaptadas a cada característica. La inspección de los carbones activados revela que características como la humedad, las cenizas y la densidad aparente están en armonía con las normativas vigentes. Para muestras de carbón activado al 85% y 40%, las isothermas de adsorción y los índices de yodo de 640 mg/g y 541 mg/g revelan una superficie superficial moderadamente amplia, lo que las convierte en un aspirante perfecto para absorciones. Los análisis de DBO<sub>5</sub> y DQO revelaron una reducción, aunque la primera concentración de la muestra de jeans obstaculiza el cumplimiento de las normativas vigentes. Se confirma que el pH, el tono, la turbiedad y los sólidos presentes en el agua enriquecida con carbón activado al 85% cumplieron con las normas vigentes.

Tejada, Herrera & Núñez (2016) realizaron un estudio sobre la inyección de plomo a través de biomásas residuales, en el que utilizaron métodos como el aturdimiento químico, la oxidación y el intercambio iónico para abordar el problema de los metales pesados en los mares. Sin embargo, estos métodos resultaron ineficaces en presencia de bajas concentraciones. Como alternativa, exploraron la adsorción con biomasa residual, compuesta por la cáscara de naranja y el zurro de maíz, encontrando que a pH 6, la remoción de plomo fue de 67,5% con la cáscara de maíz y de 99,2% con el zurro de naranja.

Bermejo (2016) En su disertación que hizo en la Universidad de Cuenca, en Ecuador, se sumergió en la purificación de plomo y cadmio a través de dilución en estructuras con bagazo de caña y cáscara de cacao. La misión es desvelar cómo el cacao y el bagaje de caña pueden metamorfosearse en columnas de plomo y cadmio. Se utiliza una metodología que consiste en examinar una columna estable utilizando mazorcas de cacao y bagajes de caña como filtros. Se crearon remedios similares a los líquidos negros tratados en la mina. Para desvelar el misterio de la columna que acoge a Pb<sup>+2</sup> y Cd<sup>+2</sup>, se emplearon diversos

métodos matemáticos, como los de Yoon-Nelson, Thomas y la teoría de Dosis-Respuesta. El método de modelado reveló que los límites obtenidos se asemejan a los establecidos en experimentos reales. En resumen, el esquema de Yoon y Nelson y la metodología de dosis-reacción capturan con exactitud la gráfica de fusión a través del tiempo. El esquema de dosis-respuesta emerge como la brújula ideal para interpretar la curva de fusión, ajustándose al volumen del efluente tratado.

### **2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES**

En 2019, Collantes presentó una tesis en la Universidad Nacional de Cajamarca, explorando cómo la cascara y la delicada vaina de taya (*Caesalpinia spinosa*). podrían ser excelentes biosorbentes para eliminar plomo de aguas. Su misión consistió en explorar si estas biomásas podían ser una opción económica y eficaz para eliminar este metal pesado del líquido vital. Hacia ello, concebió un esquema de columna con superficie estable, compuesto por cinco módulos confeccionados con los materiales vegetales citados, colocados en secuencias de superposición y cruzamiento. En su investigación, se analizaron diversas concentraciones de plomo (0, 50, 100 y 150 ppm) y se examinó cómo cada biosorbente se comportaba. Las condiciones de experimento permanecieron inalteradas: se emplearon 60 gramos de biomasa con partículas de 0,629 mm y 0,401 mm, un pH de 4,5, un caudal de 5 ml por minuto y un tratamiento de 120 minutos. Los hallazgos fueron esperanzadores: la piel de naranja logró eliminar hasta el 95 % del plomo presente, mientras que la vaina de taya logró un 80 %, demostrando así que ambas poseen características biosorbentes semejantes. El análisis indica que estos desechos orgánicos podrían ser una alternativa económica y eficiente para purificar aguas contaminadas por metales pesados, fundamentalmente en áreas industrializadas.

Olivera (2017), en su investigación de tesis Analizo las capas de dos variedades de naranja (*Citrus cinensis*) para eliminar el plomo de aguas polucionadas en el laboratorio SJL-2017, Universidad César

Vallejo. La meta fue analizar cómo las dos variedades de naranja pueden eliminar el plomo en aguas contaminadas. Se realizaron dos tratamientos y se realizaron tres repeticiones para verificar la fiabilidad de los tratamientos. La eficacia es un 10.11% superior a la piel de San Luis. Así, se puede constatar que la piel de la naranja de San Luis es más húmeda que la de Huando. La capacidad de la cáscara de naranja 1 (San Luis) para eliminar el plomo (Pb) es superior con un 56.92% de eficiencia, lo que implica que el proceso de bioadsorción es completamente eficaz. Sin embargo, el proceso de polímero de la cáscara de la naranja 2 (huando) logra eliminar un 42.25% del plomo en aguas contaminadas a nivel de laboratorio demostró su eficacia

Aguilar y Flores (2018), en su teoría de tesis titulada Evaluación de la cascara de naranja (*Citrus sinensis*) como agente protector natural del ion metálico Cu (II), se propusieron desentrañar la habilidad de la cascara de naranja para capturar iones de cobre (Cu II) mediante una mezcla artificial. El autor se propuso desentrañar la habilidad de la cascara de naranja para capturar iones de cobre mediante una solución artificial. Para mejorar el proceso de adsorción, se emplearon los compuestos NaOH y CaCl<sub>2</sub> con el fin de activar el material. Las variables independientes consideradas fueron el pH, la duración del contacto y la magnitud de la partícula se determinan a través de los niveles de pH. de 2, 3, 4 y 5; tiempos de contacto de 0.5, 1.0, 1.5 y 2.0 horas; y tamaños de partícula de 210, 297, 595 y 640 µm. A partir de los resultados obtenidos, se elaboraron las isothermas de Langmuir y Freundlich

El pH de 4.0 favoreció la eliminación del 35.6447% de Cu (II) y permitió una adsorción máxima de 8.2850 mmol/g en la cascara de la naranja "Jugo". La especie "Huando", con un pH de 3.0, alcanzó una eliminación del 25.7296% y una capacidad de 8.1499 mmol/g. Estos indicadores revelan una eficacia superior en ambos escenarios. En cuanto a la duración del contacto, se determinó que dos horas resultaban más efectivas, con la variedad "Jugo" logrando una eliminación del 25.213% y una capacidad de 6.1349 mmol/g, mientras que en la

variedad "Huando" se logró una eliminación del 60.1346% y una capacidad de 15.6739 mmol/g. En cuanto al diámetro de partícula, el de 297  $\mu\text{m}$  se reveló como el más eficaz, logrando una eliminación del 10.157% y una capacidad de 4.0257 mmol/g para "Jugo", mientras que el 20.1346% y 3.0778 mmol/g para "Huando". En resumen, la piel de naranja de tipo "Jugo" brilló como un material absorbente superior a la de "Huando".

Rosales & Quevedo (2019), El estudio denominado solución con carbón activado de la semilla de aguaje para retirar plomo y cromo de las aguas polucionadas, descubrió cómo el carbón activado puede retirar plomo y cromo de las aguas, descubrió cómo el carbón activado puede eliminar plomo y cromo de las aguas, expuesta en la Universidad Nacional del Callao, se destacó su capacidad para eliminar plomo y cromo de las aguas contaminadas, el propósito era evidenciar que la eliminación de estos metales se logra mediante el uso de carbón activo extraído de semillas de aguaje. La metodología empleada consistió en la producción de diversas masas de carbón en un grado de líquido contaminado con plomo (Pb) y cromo (Cr), y se aplicó un procedimiento para identificar la masa más idónea para la eliminación de estos dos metales pesados. El procedimiento empleado en este estudio es la adsorción. El estudio empleó una variedad de gramos de carbón activado: 0, 0.25, 0.5, 0.75, 1, 1.25 y 1.5. La primera porción, de cero gramos, se entrelaza con 500 mililitros de agua corrosión, reduciendo así el contenido de plomo y cromo en todos los pesos utilizados. La eliminación de dos metales pesados dio frutos y, tras un exhaustivo estudio, se concluye que la dosis ideal para eliminar plomo y cromo es de 0,5 gramos. El promedio de eliminación fue del 80.22%. La dosis ideal para eliminar plomo fue de 1.5 gramos, logrando una eliminación del 97.14%, mientras que la dosis ideal para eliminar cromo fue de 0.28 gramos, logrando la eliminación del 73%.

### **2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES**

Calderón (2019), El estudio realizado en el pueblo rural San Marcos de la Aguada, ubicado en el corazón de Mala, Lima, se purifica las aguas

subterráneas destinadas al consumo humano mediante un filtro de carbón activado hecho a partir de la cascara de manzana. Este estudio ha buscado erradicar el arsénico a través de filtros de carbón activo, destinados a purificar las aguas subterráneas destinadas al uso humano, buscando probar si el carbón activado obtenido de la piel de manzana es efectivo, empleando el método estadístico T-Student, que implica la investigación tanto antes como después del procedimiento. La metodología adopta un enfoque numérico, tiene una visión clara y un diseño experimental. Para erradicar el arsénico, se han ideado cuatro biofiltros únicos: dos se distinguen por la dosis de carbón activado obtenida de la piel de manzana y por la variedad de agua; el cuarto filtro biológico se fundamenta exclusivamente en grava y arena, siendo este el único blanco. De emplear los biofiltros, el resultado fue menor a 0.01 mg/L, cumpliendo con la normativa establecida por el Reglamento de Calidad del Agua

Aquino (2018), en su investigación denominada Evaluación de desechos orgánicos para la biorremediación de aguas residuales mineras, se aventuró a desentrañar cómo la incorporación de residuos orgánicos puede metamorfosear las aguas negras originadas por actividades mineras. La metodología empleada fue llevar a cabo un análisis estadístico a través de una regresión recta utilizando la técnica de mínimos cuadrados. Se utilizaron residuos orgánicos provenientes de la piel de naranja y granadilla para suavizar las aguas oscuras del relave minero de Antamina. El análisis incluyó tres ensayos con cuatro repeticiones cada uno.

Se determinó que la masa óptima de cáscara de naranja para la biorremediación fue de 20 gramos, logrando una retención de plomo del 95.87%. Las condiciones experimentales incluyeron un pH de 5, tamaño de partícula de 0.5 mm, cantidades de biomasa de 5, 10, 15 y 20 g, un tiempo de contacto de 4 horas y una temperatura constante de 25 °C, con lecturas de absorbancia realizadas a 217 nm. En términos financieros, el tratamiento con piel de naranja se alzó como el más



accesible, valiendo 0.40 nuevos soles por cada litro de agua limpia.

Para la materia prima de piel de naranja, la isoterma que más se alineó con los hallazgos científicos fue la de Langmuir, con una correlación  $R = 0.913$ . En términos generales, los modelos isotérmicos empleados mostraron un excelente ajuste, alcanzando una adsorción máxima de 344.8 mg de plomo por gramo de plantas.

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1. BIOFILTRO**

De acuerdo con la Unidad de Ecotecnologías de la U. N. Autónoma de México (2021), los biofiltros son artefactos que se encargan de eliminar impurezas del líquido vital. A través de su empleo, se evita la polución de ríos tanto visibles como subterráneos, provocada por arrojar directamente el agua residual.

#### **2.2.1.1. FUNCIONES DEL BIOFILTRO**

En palabras de Herrera y Rey (2018). Los biofiltros, con sus tres funciones esenciales, destacan por su capacidad para adherir físicamente contaminantes del suelo y residuos orgánicos.

Transformar químicamente los recursos mediante diminutos artilugios, alcanzando

procesos uniformes con escaso uso de energía y escaso mantenimiento. Para purificar las aguas residuales, existen dos modalidades de filtración biológica: los sistemas de flujo autónomo (FWS) y los sistemas de flujo subterráneo (SFS). Cuando se emplea un biofiltro de tratamiento secundario o avanzado en un sistema FWS, este proceso interactúa con la atmósfera, lagos o canales paralelos a la superficie acuática, donde el fondo del lago o canal es casi impermeable o protegido por barreras subterráneas y vegetación emergente, con profundidades de entre 0,1 y 0,6 metros (Herrera y Rey, 2018, p.24) (Herrera y Rey, 2018).

En la mayoría de los sistemas FWS, las aguas residuales se tratan de manera constante, y el tratamiento se origina a lo largo del ciclo acuático mediante tallos y raíces de plantas que brotan. Los sistemas de flujo autónomos también se utilizan para crear nuevos entornos para la vida animal y vegetal o para optimizar las condiciones de los humedales naturales vecinos. Los sistemas de drenaje subterráneo, ya sea para uso intermedio o avanzado, se enfocan en construir canales o zanjas llenas de granulado, especialmente grava, donde el nivel del agua sigue siendo inferior al del lugar. En ambos tipos de biofiltros, se emplean las mismas variedades vegetales. (Herrera y Rey, 2018).

### **2.2.2. CARBÓN ACTIVADO**

De acuerdo con Luna y su equipo (2007), el término carbón activado se refiere a un conjunto de carbón poroso diseñado artificialmente, caracterizado por su gran porosidad y vastas superficies internas. El carbón activado se erige como un adsorbente polifacético, permitiendo ajustar el tamaño y la distribución de sus poros para acomodar las demandas tecnológicas contemporáneas y venideras. El carbón activado comercial se fabrica a partir de recursos orgánicos como madera, semillas y vainas, además de carbón mineral, alquitrán de costado, turba y coque. La selección de los precursores se basa primordialmente en su existencia, precio y pureza; no obstante, es crucial tener en cuenta el proceso de elaboración y la posible aplicación del producto final. (Luna y colaboradores, 2007, p. 39).

Navarro y Vargas (2010) afirman que el carbón activado es tan poroso que no puede ser determinado por una fórmula estructural o por un análisis químico. Los poros, diminutos portales en las moléculas de carbono, albergan agentes particulados en su interior, escondidos en el fluido circundante. Dado que opera como un entramado molecular extremadamente preciso y maneja con precisión la división de especies moleculares, es crucial contemplar el proceso de fabricación y las posibilidades de uso del producto final (Navarro y Vargas, 2010, p. 228).

### **2.2.2.1. BREVE HISTORIA DEL CARBÓN ACTIVADO**

Luna, Gonzales, Gordón y Martin (2007) señalan que: Los materiales de carbono se convirtieron en pioneros en el ámbito médico. Los griegos, en un papiro hallado en Tebas en el año 1550 a. C., describieron el carbón vegetal como un absorbente hecho de madera quemada. Posteriormente, los griegos lo expandieron para purificar el agua, desodorizar, saborear y evitar dolencias.

La época de la Gran Guerra trajo consigo la invención de filtros de carbón activado para fabricar respiradores. Este fue el germen que impulsó el florecimiento de la industria del carbón activado y su expansión hacia diversas aplicaciones. En la actualidad, el carbón activado despliega una variedad infinita de usos, tanto en el reino del líquido como del vapor. El apetito planetario más despiadado para usos en fase líquida, alcanzando hasta un 80%. Luna, Gonzales, Gordón y Martín, en 2007, página 40.

En el país, la extracción de carbón activado ha experimentado un auge notable oscilando de manera caprichosa, a pesar del creciente apetito. Aunque no se conoce con exactitud el momento en que se comenzó a utilizar y/o fabricar carbón vegetal en el Perú, se sabe que, con el crecimiento de la fabricación industrial en el país, las plantaciones de producción del azúcar se vieron obligadas a limpiar sus equipos para disminuir o eliminar el peligro de contaminación o transformar la calidad de este dulce dulce. Gonzales y Teruya (2004).

### **2.2.2.2. PROPIEDADES DEL CARBÓN ACTIVADO**

Las aplicaciones de carbón activado se basan en sus propiedades de alta capacidad para eliminar sustancias y baja retención. Esta capacidad se debe principalmente a su enorme área interna, aunque la distribución de los poros y su tamaño también son importantes. En general, los microporos proporcionan gran superficie y retención, mientras que los mesoporos y

macroporos permiten retener partículas grandes como pigmentos y coloides, favoreciendo la difusión instantánea. (Mijail, A., p.13)

#### **2.2.2.3. OBTENCIÓN DE CARBÓN ACTIVADO**

Asimbaya, Rosas, Endara y Guerrero (2015) señalan que la obtención de carbón activado puede realizarse mediante métodos físicos o químicos. En el ámbito físico, la carbonización de recursos esenciales se lleva a cabo en un ambiente protector a temperaturas cercanas a los 1000°C. En el ámbito químico, se emplea un activador como el Cloruro de zinc ( $\text{ZnCl}_2$ ), hidróxido de potasio (KOH) o ácido fosfórico ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ), seguido de una calcinación. Asimbaya, Rosas, Endara y Guerrero (2015) describen un ambiente que roza los 600°C.

El carbón activado puede ser empleado innumerables veces, sin embargo, su capacidad de eliminación se reduce paulatinamente al utilizar un filtro de carbón activado, reduciéndose paulatinamente con cada uso. Una vez colmado, el carbón activado puede optar por tres tratamientos: revitalización, rejuvenecimiento o almacenamiento. Sin embargo, la reactivación demanda un elevado costo debido a la cantidad de energía requerida para alcanzar las temperaturas esenciales para eliminar los contaminantes. No obstante, la regeneración se sustenta en la eliminación del contaminante del carbón, lo cual vuelve a plantear un dilema en la administración de residuos. Si las opciones previas no son factibles, el carbón debería ser confinado. Asimbaya, Rosas, Endara y Guerrero V.H., 2015, página 2.

#### **2.2.2.4. FILTRO DE CARBÓN ACTIVADO**

Entre los diversos procesos que son aplicados regularmente en los tratamientos de agua con la finalidad de eliminar impurezas como materia orgánica, es la filtración con carbón activado, Además, este método es eficaz en eliminar toxinas que provocan olores, garantizando así una agua limpia y fresca. (Fluence, 2021)

El carbón activado y la tecnología de filtración han evolucionado con el tiempo y ahora se anticipa un crecimiento notable, impulsado por la incorporación del tratamiento de agua. No obstante, la pandemia del coronavirus ha desatado algunos vaticinios inciertos para el sector. (Emergente, 2021).

Desde tiempos remotos, el carbón activado ha emergido como el titán absoluto del agua potable, absorbiendo cloro, compuestos orgánicos estériles, sustancias polifluoroalquiladas (PFAS), compuestos que alteran el aroma, el sabor y compuestos orgánicos genuinos. Con el progreso de la polución, sobre todo en las sociedades en desarrollo, la extracción de carbón activado se dispara sin cesar. Transformación, 2021.

### **Filtración de Carbón Activado:**

Según (Fluence, 2021) señala que desde remoto la filtración de carbón activado aún es conocida y utilizada en la actualidad:

- Es considerado una de las tecnologías de tratamiento más utilizadas en la localidad de Nueva York y Hoosick Falls (Florida), por el hecho que la contaminación de agua estaba repleta por contaminantes no regulados como el caso de compuestos perfluorados.
- Este tipo de filtro se emplea para erradicar el dieldrín, un insecticida popular en los años 60 y 70, de las aguas comunitarias.
- En USA el ejército de cuerpo de ingenieros utilizó un sistema de carbón activado granular que adicionaron la sustracción por aire, ultravioleta y oxidación por ozono, para limpiar el agua subterránea debajo de la instalación de artillería en Nebraska.
- La base de la Fuerza Aérea estadounidense emplea espuma contra incendios, pero ante esta circunstancia, se adoptó la

filtración con carbón activado para eliminar los químicos de manera definitiva en Fountain, Colorado. Porque la técnica no funcionó en otros proyectos de remediación similares. El acuífero de Security-Widefield, en Colorado, se convierte en un escenario perfecto para la danza de iones.

#### **2.2.2.5. ACTIVACIÓN DE CARBÓN ACTIVADO**

##### **Activación física**

El carbón se vuelve poroso gracias a la magia física de la gasificación a temperaturas extremas. A través del proceso de carbonatación, recursos similares a el hidrógeno y el oxígeno se desvanecen de los orígenes, abriendo camino a un conjunto de carbono con una arquitectura permeable de origen primigenio. En el transcurso de la gasificación, el carbono se enfrenta a una esfera oxidante (vapor de agua, dióxido de carbono o una mezcla de ambos) para eliminar los volátiles y los átomos, ampliando así su volumen y superficie. El carbón supremo es conocido como carbón principal, una especie de combustible usado para cocinar carne. (Luna, Gonzales, Gordón y Martín, 2007, p.43)

##### **Activación química**

La permeabilidad del carbono se logra mediante la activación química, mediante reacciones de deshidratación que se realizan en efecto a condiciones extremadamente frías. En este procedimiento, el carbón se sumerge en una mezcla química, predominando el ácido fosfórico ( $H_3PO_4$ ) o el cloruro de zinc ( $ZnCl_2$ ), mientras que el saturador se somete a un horno a 500-700°C de alquitrán [Robau, (2006)]. Para deshacerse del carbón residual, se desinfectan las impurezas del químico empleado. Este tipo de carbón recibe el nombre de carbón secundario. (Luna, Gonzales, Gordón y Martín, 2007, p.43)

#### **2.2.2.6. CARACTERÍSTICAS DEL CARBÓN ACTIVADO**

##### **Contenido de humedad**

La cantidad de humedad influye en el rendimiento del carbón activado, a mayor humedad tendrá menor rendimiento.

##### **Contenido de material volátil**

Ruiz (2018), menciona que el contenido volátil es la disminución de peso de líquidos a temperaturas extremas sin oxígeno, dejando de lado el vapor húmedo en la muestra de carbón activado.

##### **Contenido de ceniza**

Se define como el contenido mineral del carbón activado. La efectividad es indirectamente proporcional con la cantidad de ceniza, ya que hay una desventaja fundamental de las cenizas en el contexto del tratamiento de agua es que cuanto mayor sea el porcentaje de ceniza, menor será la cantidad de carbón activado eficaz (Ruiz, 2018).

##### **Contenido de carbono fijo**

Rosales y Quevedo (2019), indican que es el residuo sólido que tiene una composición alta de carbono, es distinto de las cenizas, obtenido por carbonización según un método determinado. El carbón activado será eficiente con un elevado porcentaje de carbono fijo.

#### **2.2.3. CÍTRICOS**

Los cítricos, resistentes y flexibles a las variaciones climáticas, florecen en diversas zonas, aunque sus tierras predilectas son América y Europa Occidental. Su riqueza radica en su esencia radical, rica en antioxidantes, capaces de mitigar las dolencias causadas por radicales libres, tales como el tabaco, la polución, entre otros. Esta fruta actúa

como un guardián del envejecimiento prematuro del cuerpo, además de combatir enfermedades como el cáncer y las crónicas. (Garces, 2012, p. 10).

Además, se distingue por la abundancia de vitamina C que el organismo no guarda, por lo que resulta imprescindible su consumo constante. En los cítricos, la fibra se erige como un nutriente adicional. El aparato digestivo se purifica, desprende grasa y toxinas y las introduce en el organismo. (Garces, 2012, p. 10).

No obstante, la cualidad C no se guarda en el organismo, por lo que debe ser absorbida diariamente a través de la ingesta diaria de estas delicias frutales. La vitamina en agua actúa como catalizador de la regeneración, calma los tejidos, robustece los capilares sanguíneos y preserva los huesos, dientes y encías. Su maravillosa acción fortalece el sistema respiratorio, reduciendo los síntomas de resfriados, gripes, dolores de garganta y músculos, además de tener propiedades antivirales y antibacterianas. La fibra, otra riqueza presente en los cítricos, purifica el intestino y libera grasas y toxinas. (Garces, 2012), p. 10.

#### **2.2.3.1. PRODUCCIÓN DE CÍTRICOS EN EL PERÚ**

Según el Ministerio de Agricultura (MIDAGRI), Perú tiene condiciones propicias para múltiples cosechas anuales. Se proyecta que en cinco años las exportaciones de cítricos superen a las de espárragos (actualmente cerca de 400 millones de dólares). Aunque Perú representa solo el 1% de las ventas globales, su calidad y la creciente demanda podrían posicionarlo como un líder mundial en cítricos.

Las regiones con mayor producción de cítricos son **Junín** y **Piura**, que tienen una alta proyección comercial internacional. En 2018, las exportaciones de cítricos peruanos alcanzaron 186.555 toneladas métricas, frente a 116.615 en 2017.



Según ProCitrus (citado por Ramos, 2019), las principales regiones productoras de cítricos en Perú son:

**Junín:** 19,467 ha (mandarinas: 6,583 / naranjas: 12,884)

**Piura:** 15,689 ha (limones: 15,169 / naranjas: 520)

**Lima:** 7,866 ha (mandarinas: 6,651 / naranjas: 1,209)

**Ica:** 5,646 ha (mandarinas: 4,677 / naranjas: 936)

**Puno:** 3,421 ha (naranjas: 2,613 / mandarinas: 808)

**San Martín:** 2,463 ha (naranjas: 2,376 / mandarinas: 87)

**Cusco:** 2,332 ha (naranjas: 2,164 / mandarinas: 168)

**Huánuco:** 1,014 ha (naranjas: 875 / mandarinas: 139)

**La Libertad:** 654 ha (mandarinas: 444 / naranjas: 210)

#### **2.2.3.2. LIMÓN**

Se cultiva principalmente en las regiones septentrionales. Adopta una forma ondulante según su diversidad. La piel se abraza con total firmeza a los cortes. El árbol es diminuto y un tanto denso. A menudo alcanza los 4 metros de altura, exhibe ramas diminutas y una multitud de espinas. El interior se descompone en fragmentos y emana una fragancia singular, convirtiéndose en una joya para la cocina. La piel, de tonalidad verde en su juventud, se transforma en un amarillo resplandeciente en su madurez. (Castillo, 2005, p. 2).

**Figura 1**  
*Limón real (Citrus limón)*



*Nota.* Singularidad del limón real, también conocido como limon del jardín o limon del campo. El laboratorio experimental de la palma

#### **2.2.3.3. USO DEL LIMÓN**

Entre las múltiples aplicaciones del limón se encuentran: la producción de ácido cítrico a partir del jugo de limón, el jugo diluido refrigerado, la fruta fresca, la fabricación de pectina, la obtención de grasas esenciales para bebidas carbonatadas, la repostería y la perfumería. A través del ácido cítrico, actúa como un vigoroso propulsor del sistema digestivo, estimulando también las glándulas endocrinas y hormonales; combate el reumatismo y otras tormentas artríticas, combate el escorbuto y actúa como un protector contra el sangrado intestinal y hemorroides. Al aplicarlo en forma de compresas, alivia los escalofríos y alivia el malestar de cabeza; Añadir el jugo a agua tibia o caliente alivia el malestar de cabeza y calma las pulsaciones del corazón. (Castillo, 2005, p.7).

#### **2.2.3.4. REUTILIZACIÓN DE RESIDUOS**

La correcta eliminación y reciclaje de desechos sólidos se llevaron a cabo para despertar la conciencia sobre la reducción y el uso consciente, revelando que la abundante generación de desechos sólidos, comúnmente conocidos como basura, y su mal manejo son uno de los mayores desafíos para el entorno y la salud pública. En tiempos recientes, la creciente población y los ritmos de producción y consumo han dado luz verde a diversas

alternativas y usos para los materiales que habitualmente se descartan como desechos. (Aguilar y Flores, 2018, p. 11).

#### **2.2.3.5. REUTILIZACIÓN DE RESIDUOS DE LIMÓN**

A pesar de que los desechos de limón se abandonan con frecuencia, esta fruta posee beneficios para la salud gracias a su abundante contenido en vitamina C. En ocasiones, estos desechos pueden transformarse en fertilizantes y materia prima para producir carbón vegetal., etc. (Quiroz, 2009, p. 13).

Los componentes activos de las capas de naranja tienen múltiples usos, destacando principalmente como fragancias y aromáticos en el ámbito farmacéutico y alimentario. Sin embargo, en tiempos recientes, su popularidad ha florecido tanto como disolvente como detergente, gracias al limoneno, el compuesto más generoso (95%), que actúa como sustituto de compuestos químicos nocivos, como los ácidos prosódicos y fosfatos. Asimismo, posee la particularidad de ser completamente biodegradable. (Quiroz, 2009, p. 13)

#### **2.2.4. METALES PESADOS**

Los metales se distinguen por su física sólida, caracterizada por su brillo, conductividad eléctrica, conductividad térmica y características mecánicas como robustez y flexibilidad. Desde la perspectiva de la toxicidad, una definición más concreta se fundamenta en sus capacidades en solución: un metal es un compuesto que puede metamorfosearse en cationes, perdiendo uno o más electrones, (Alvarado, Antuna y García), Gonzáles y Vázquez, 2012, p.1)

Los metales pesados, en su hábitat natural en la corteza terrestre, pueden transformarse en contaminantes del medio ambiente. (Reyes, Alvarado, Antuna, García, Gonzáles y Vázquez, 2012, p.1)

#### **2.2.4.1. PLOMO**

El metal plomizo se erige como uno de los metales más conocidos y omnipresentes en la existencia humana, visible en todas las fases del entorno y los sistemas biológicos. El aumento del plomo en el medio ambiente es alrededor de 1000 veces más que en los últimos 300 años esto debido a las actividades humanas, entre los años 1950 y 2000 fue unas de las fechas donde más incremento de plomo.

El plomo, una sustancia orgánica del conjunto 14 (IVA) de la serie repetida, exhibe una tonalidad azul grisácea que frecuentemente se entrelaza con otros elementos para formar sus compuestos esenciales. La fuente primordial de plomo es el consumo de alimentos y el aire, mientras que en el ámbito laboral, los empleados de fábricas de esmaltado y refinerías industriales son los artífices de la creación de depósitos energéticos, materiales plásticos y pinturas. Navá y Méndez (2011), página 143

Los infantes, especialmente bajo la influencia de este metal, se catalogan como un riesgo ecológico crucial. El plomo se infiltra en el organismo humano a través de la absorción intestinal, mientras que en los pulmones y en la dermis se adsorbe a través de la adsorción. El plomo que ha penetrado en nuestro organismo viaja a través del torrente sanguíneo hasta cada órgano y tejido. (Nava y Méndez, 2011, p. 143)

La OMS (2019) define al plomo como un metal que habita de manera innata en el entramado de nuestra Tierra. Su puesta en marcha global ha desencadenado una polución alarmante, una exposición humana asfixiante y serios retos sanitarios en diversas zonas del planeta. Las principales fuentes de polución son la extracción de minerales, la fabricación de metales, la calibración y el reciclaje, y, en ciertos rincones del planeta, la constante danza de pintura impregnada de plomo y gasolina. La creación de pilas de plomo-ácido para dispositivos electrónicos automóbiles abarca

más de tres cuartas partes del uso global de este metal. Este metal se emplea en un caleidoscopio de productos, abarcando desde pigmentos y pinturas hasta municiones y esmaltes minerales. El vital líquido que serpentea por conductos de plomo o soldaduras de plomo también puede ser atrapado en su envoltura.

#### **2.2.4.2. TOXICIDAD DEL PLOMO**

Al inhalarse o ingerirse, el plomo desata una tormenta en el ballet enzimático interno de la célula. Los golpes brutales, dolencias graves, desórdenes alimentarios y desequilibrios emocionales pueden desvelar signos de una intoxicación por plomo en personas con un metabolismo en plena tormenta del metal. (Ferrer, 2003).

#### **2.2.4.3. PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS EL PLOMO**

##### **Parámetros físicos**

Entropía: El plomo, con una densidad de 11.85 g/cm<sup>3</sup>, se erige como el metal más pesado, nocivo y acumulativo en el entorno. Sus características físicas son:

- Cantidad de átomos: 82
- Emblema: pb
- Masa molecular: 207.21 g/mol
- Absorción(S): Muy difícil de disolver en agua.
- Temperatura de Fusion: 326.9oC
- Temperatura de éxtasis: 1613 oC
- Valoraciones: +2 y +4. (Reflexiones, 2015)

##### **Parámetros químicos**

El agua químicamente pura rara vez se enfrenta a ataques; sin embargo, dado que siempre posee dióxido de carbono y oxígeno autónomos, la reacción se repite sin cesar. Con agua

corriente o destilada, esta reacción no se produce porque los sulfatos libres se entrelazan con el plomo creando sulfato de plomo, un compuesto insoluble que previene el siguiente ataque químico. Sin embargo, en el caso de que las aguas son escasas o pobres en sulfatos y abundantes en dióxido de carbono, es probable que se comiencen procesos químicos. (Resendiz, 2015).

#### **2.2.4.4. PRESENCIA DE PLOMO EN EL AGUA**

En tiempos pasados, el plomo se empleaba en la plomería y aún se conserva en edificaciones más antiguas. El plomo de las tuberías tiene la capacidad de disolverse parcialmente en el agua que serpentea por sus entrañas. El plomo se entrelaza con el carbonato, permitiendo que fragmentos diminutos se disuelvan en el líquido vital. En los conductos se despliega una capa de carbonato de plomo más difícil de descomponer. Esta capa se convierte en un escudo protector para la capa de plomo que se esconde bajo los tubos. El plomo puro, conocido como carbonato de plomo ( $2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$ ), actúa como un adorno visual. En la actualidad, su uso está prohibido debido a su potencial toxicidad. El plomo natural se emplea en la manufactura de petróleo, creando compuestos inorgánicos para baterías y obras de arte. La mayoría del plomo refinado se emplea industrialmente para crear televisores y monitores de computadoras. (Apaza, 2015).

#### **2.2.4.5. REACCIÓN DEL PLOMO CON EL AGUA**

Apaza (2015) explica que el plomo, en su estado natural, no interactúa con el agua. No obstante, al sumergirse en el aire húmedo, el plomo incrementa su interacción con el agua. Al mezclarse con el aire y el agua, el plomo metálico se metamorfosea en hidróxido de plomo.

#### **Los efectos medioambientales del plomo**

La polución acuática no emana directamente del plomo, sino de sus sales solubles en agua generadas por las fábricas de

pintura, que se alojan en cerámicas vidriadas, en calor suave, en fuegos artificiales y en el proceso de teñir. Las vidrieras provienen de fábricas químicas que fabrican plomo tetraetílico (utilizado como protector en gasolina) y de múltiples actividades mineras, entre otras. (AGUA org., 2007)

El plomo frena en las plantas a través de la creación de clorofila, pero el suelo puede absorber hasta 500 ppm de plomo. Para el florecimiento de las plantas, las plantas lo absorben y el plomo se infiltra en la cadena alimentaria. En la mayoría de las naciones, el uso de pesticidas que contienen plomo está vetado. El plomo se oculta en la vida viviente, los sedimentos y el lodo. El plomo que invade las aguas negras proviene principalmente de los muros y las veredas. (Apaza, 2015).

Diversas clases de plomo se distinguen por su repercusión en los seres vivos. El plomo se infiltra como un torrente invisible como  $Pb^{+2}$  y  $Pb^{+4}$  a través de acciones humanas y fenómenos naturales. En el aire y el agua, la cantidad de plomo suele ser escasa. En el líquido vital, el plomo suele estar a la misma altura que en el agua de pozo; sin embargo, el agua de pozo puede estar contaminada por aguas subterráneas que, mediante filtraciones, lo capturaron; sin embargo, las fuentes naturales suelen albergar diversas concentraciones de plomo. Es posible hallarlos en niveles extremadamente elevados, contaminando de manera constante el abastecimiento acuático. (Lankford et al., 1992).

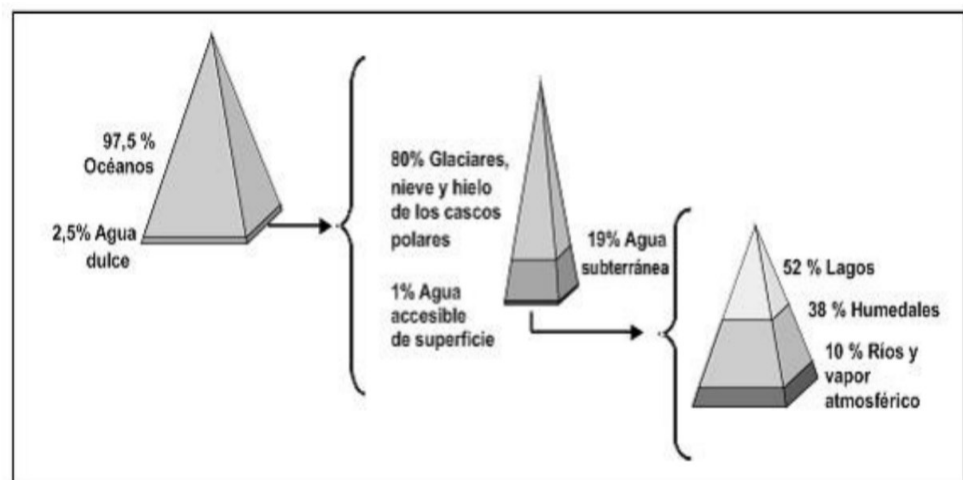
#### **2.2.4.6. EL AGUA**

Uno de los tesoros más preciados del planeta, un tesoro renovable y finito, se calcula que anualmente se extraen aproximadamente 505.000 kilómetros cúbicos de agua del océano. No obstante, la mayoría residen en el mismo océano y no se emplean como manantiales de agua dulce. La tierra recibe una media anual de 120.000 kilómetros cúbicos de agua. El ciclo

hidrológico se define como el torrente colosal de agua impulsado por la chispa solar. Esta fase es una intrincada danza que abarca la precipitación, la esorrentía, la transpiración y la ósmosis. (Fernández, 2012, p. 148)

El líquido vital abarca más del 70% del mundo, residiendo en mares, lagos y ríos. En el aire y bajo la tierra. Son la chispa vital, aunque se entrelazan en la armonía climática global, componiendo los pilares fundamentales de nuestro planeta. Sus atributos singulares lo convierten en un pilar fundamental para la vida. Sustancia polifacética, un solvente singular y un reactivo perfecto en múltiples etapas del metabolismo. Tiene una capacidad térmica y, al ser congelada, se convierte en un molde del paisaje y moldea el clima. Los mares albergan cerca del 97,5% del líquido vital del planeta. El 2,5% del estado se compone de agua tierna. Los glaciares, la nieve y el hielo que cubren los casquetes polares constituyen casi la totalidad del agua dulce, un 19% del agua interna y un 1% del agua disponible en zonas cercanas. La escasez de agua disponible se reparte principalmente entre lagos (52%) y humedales (38%).. (Fernández, 2012, p. 148)

**Figura 2**  
*Distribución del agua*



*Nota.* Clasificación del recurso hídrico. Fuente: Fernández Cirelli,A. (2012)



## **Deterioro de la calidad del agua**

Según Fernández (2012) La degradación del agua es un colosal desafío en constante expansión, y se establece a modo de uno de los mayores desafíos ambientales.

La desbordante lluvia de desechos industriales y municipales, junto con las malas prácticas agrícolas, son los principales verdugos del agua dulce y salada. Otros elementos críticos en la degradación incluyen la polución atmosférica, la acumulación de compuestos químicos en el suelo y los sedimentos, las industrias extractivas y el desbordante bombeo de aguas subterráneas, entre otras acciones. (Fernández, 2012, p. 156).

### **2.2.1.1. Contaminación de aguas superficiales por metales**

El término metal pesado a menudo se emplea para referirse a metales los cuales peso específico supera los 5 gramos por centímetro cúbico o que poseen un código atómico superior a 20. (Ramos, 2002)

Algunos metales pesados se posicionan entre los contaminantes esenciales más perniciosos y despiertan gran inquietud por su impacto nocivo en la salud humana. Estos recursos suelen ser metales transitorios, junto con algunos componentes emblemáticos, como el plomo y el estaño. Los metales de gran peso abarcan 4 tesoros vitales como el hierro, aunque también albergan venenos como el cadmio y el mercurio. Las presencias de metales pesados en el agua siguen siendo íntimamente vinculadas a la actividad humana y la evacuación de desechos, aunque también dependen de las fluctuaciones del flujo de ciertos desechos particulares recolectados por la corriente. (Stanley, 2007)

Förstner, et all. (1981) Desde tiempos inmemoriales, los ríos han sido los guardianes silenciosos de los desechos humanos, ya sea de manera directa o indirecta. Al principio, su capacidad de autodepuración les permitió enfrentar la avalancha de

contaminantes lanzados al río. Después, al emerger colosales urbes, la avalancha de desechos se disparó de manera alarmante. En contraste, ciertos agentes orgánicos, especialmente los metales pesados, no se pueden eliminar de los océanos mediante métodos naturales debido a su incapacidad para ser biodegradables.

Por otro lado, Colina (2000) afirma que la presencia de metales pesados se sitúa en los microgramos por litro, revelando así la ausencia de vertidos metálicos. No se vislumbran disolventes ni pinturas. Las áreas alrededor de los puntos de vertido y los muelles son las más afectadas, especialmente por hidrocarburos, papeles y plásticos, todos ellos de origen humano.

#### **2.2.5. ADSORCIÓN**

El ballet invisible de diminutas partículas sobre la superficie se denomina adsorción. Un adsorbente es una sustancia que se atrapa en el adsorbato o sustrato como un pez en la tormenta. La danza inversa a la absorción se conoce como desorción. (Atkins, 1991).

Para Martines (1990), la adsorción se presenta como un fenómeno en el que el material de un paso se adhiere a la piel de otro; el adsorbato es el material que se adhiere o se absorbe. Los adsorbentes y absorbentes se fusionaron mediante la fuerza de Londres, una de las clases de fuerzas de Vander Waals, o mediante procesos químicos. En el caso de la absorción física, las especies que se absorben conservan su esencia química, mientras que en la absorción química, las especies se absorben y las sustancias se metamorfosean, forjando compuestos frescos mediante la danza de enlaces químicos.

##### **2.2.5.1. HISTORIA DE LA ADSORCIÓN**

En 1881, Kayser incorporó la noción de adsorción a su repertorio de conceptos. En ese preciso instante, la danza entre la isotérmica y la curva isotérmica parecía trazar los resultados del cálculo. Exploración de la adsorción en ambientes eternos. En

1909, McBain revolucionó el arte de la sorción, desvelando las asombrosas transformaciones del hidrógeno en carbono. La palabra adsorción, inventada por el mismo científico, abarca tanto la adsorción como la desorción, dos fenómenos que, en numerosas ocasiones, se asemejan en su singularidad. (J. W. McBain; Phil. Mag., 1909)

#### **2.2.5.2. PROCESO DE ADSORCIÓN**

La adsorción consiste en que un gas o líquido se refugie en la epidermis de un sólido. Las moléculas que abrazan la superficie del sólido, con concentraciones más elevadas en su estado líquido, son conocidas como adsorbato. El arte de la adsorción surge cuando las moléculas líquidas se fusionan con una superficie sólida. Si las fuerzas de vander Waals se comportan como imanes, desencadenan una danza física en la superficie del material absorbente, donde los frágiles lazos entre sólido y líquido se entrelazan con magnetismo. (Larios, 2011).

#### **2.2.5.3. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL PROCESO DE ADSORCIÓN**

La adsorción abarca las particularidades del compuesto a extraer, las del material absorbente y las circunstancias en las que las fases líquida y sólida interactúan. El peso molecular, la concentración, los grupos funcionales y la solubilidad del líquido, sumado a las características del adsorbente sólido (tales como las dimensiones de los poros y la distribución de los grupos químicos en su superficie, entre otros factores), determinan la afinidad del adsorbente sólido. Colina de la Gloria La Colina de la Victoria La Colina de la Victoria, (2012)

#### **2.2.5.4. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS ADSORBENTES**

Diversas sustancias absorbentes han sido ideadas para múltiples métodos de descomposición. El material absorbente

tiende a manifestarse en diminutas partículas de entre 0,1mm y 12mm, mientras que las partículas más grandes se utilizan en las capas de relleno. Los diminutos poros de las partículas absorbentes superan el 50% del volumen total de la partícula. (2009) (Geankoplis, 2009)

#### **2.2.5.5. NATURALEZA DEL ADSORBENTE**

Alami (2010) señala que la adsorción es una técnica frecuentemente empleada en la purificación de aguas residuales, empleada principalmente para capturar contaminantes orgánicos como derivados clorados, pigmentos, fenólicos, hidrocarburos aromáticos y otras sustancias.

El adsorbente se metamorfosea conforme a la textura del sólido, la magnitud de sus partículas, la estructura de sus poros y su posición. En esencia, la fase de adsorción se despliega con una velocidad vertiginosa, donde el tamaño de las partículas absorbentes y el tamaño de los poros juegan un papel fundamental. El carbón activado, un compuesto covalente, tiende a inclinarse hacia las moléculas covalentes, dado que suelen ser no iónicas y poco polares, transformándose en un sorbente casi universal para los componentes orgánicos. Alami y sus colaboradores (2010).

#### **2.2.5.6. TIPOS DE ADSORBENTES**

En términos generales, se distinguen dos formas de adsorción: Adsorción física o fisisorción y quimisorción.

Adsorción física. - El intercambio energético entre el sustrato y el adsorbente es tan efímero como 20 kJ por mol.

Las fuerzas de Vander Waals, conocidas como adsorción física, permiten que la molécula adsorbida navegue libremente por la superficie. Este fenómeno se despliega a temperaturas más heladas y provoca una danza de adsorción en múltiples estratos. (1979).

Adsorción química. - La interacción se asemeja a un enlace químico, con una energía que supera los 200Kj mol<sup>-1</sup>.

Esta danza química entre el sorbente y el adsorbente se conoce como quimisorción, adsorción activa o quimisorción. La fuerza de la adsorción es notable, elevando la energía de los enlaces químicos, ya que la adsorbente teje vínculos robustos en los sitios activos de los adsorbentes. (Castellán, 1987).

La energía de cada tipo de adsorción permite distinguirlos según la singularidad del proceso. La adsorción química es única, ya que el adsorbato debe mantenerse a una distancia mínima del sustrato para que se forje el enlace sustrato-adsorbato. La adsorción física, originada por fuerzas intermoleculares de tipo Vander Waals, es un fenómeno no específico. (Maron, y Prutton. (1990).

Estas disparidades provocan que la adsorción física sea extremadamente reactiva, mientras que la adsorción química puede o no ser reactiva. El misterio de la adsorción, ya sea física o química, encuentra múltiples usos tanto en la investigación como en la industria. (Smith, J. M., 1999)

La adsorción de compuestos en disoluciones sobre sustratos sólidos es una etapa esencial en la clarificación y tratamiento de aguas. El misterio de la adsorción, aunque aparente, es una pieza clave en el entramado de cualquier proceso electroquímico, y su desentrañamiento es un deseo íntimo. y Prutton).

## **2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES**

### **2.3.1. CARBÓN ACTIVADO**

En el ámbito industrial, destaca por su excepcional capacidad absorbente, con una superficie extensa, una diversidad de grupos funcionales y una excelente distribución de poros, cuyas características buscan capturar una vasta gama de células diminutas. (2007), Luna,

Gonzales, Gordón y Martín.

### **2.3.2. ACTIVACIÓN FÍSICA**

Este método es el más popular; se emplea carbón granulado, obtenido previamente mediante el carbón triturado se sumerge en una capa activa, donde el gas se desliza entre 800 y 1000°C. (González y Teruya, 2004, p. 32).

### **2.3.3. ACTIVACIÓN QUÍMICA**

Para la activación química, se combinan ingredientes naturales como el seco y el aserrín de madera con un catalizador químico como el zinc puro o el ácido fosfórico. La carbonización y la activación se realizan en una retorta a una temperatura que fluctúa entre 500 y 900°C; a estas temperaturas, la activación se expande y se potencia. Gómez y Teruya, 2004, p. 33.

### **2.3.4. LIMÓN**

Fruta cítrica con un sabor ácido intenso, una cascara robusta y lisa de un verde vibrante, y un interior amarillo que emana un líquido jugoso que se distribuye en el centro en diminutas vesículas que forman conjuntos similares a los de las naranjas. (Andrade, 2015).

### **2.3.5. PLOMO**

El metal venenoso que habita en la corteza terrestre, comúnmente utilizado, impactó profundamente en todo el planeta, generando una contaminación ambiental alarmante, una exposición humana notable y serios inconvenientes en la salud pública, además de problemas en la salud humana. (O.M.S., 2019).

### **2.3.6. ADSORCIÓN**

La adsorción es un proceso de naturaleza fisicoquímica ampliamente empleado en diversas aplicaciones industriales y de laboratorio. Es crucial en los procesos químicos acelerados gracias a

catalizadores cuyas características de agregación se distinguen de los reactivos. (Tubert y Talanquer,1997).

### **2.3.7. ADSORCIÓN CON CARBÓN ACTIVO**

La mezcla es el arte de extraer el líquido soluble del agua mediante un sólido; sin embargo, el sólido es el carbón activo, diseñado con exactitud para abarcar una superficie interna extensa (de 500 a 1500 m<sup>2</sup>/g). Esta imponente capa interna del carbono abre las puertas a una absorción magistral. (Metcalf y Eddy, 1991, página 317).

### **2.3.8. BIOSORCIÓN**

La transformación biológica implica la captura de iones metálicos a través de un adsorbente natural, aunque también puede incluir la adsorción y la absorción, todo según la interacción gas-líquido o sólido-gas. (Romero,2017).

## **2.4. HIPÓTESIS**

### **2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL**

**Ha:** El carbón activado de cáscara de limón (*Citrus limón*) tiene efecto un efecto favorable para la adsorción de plomo en disolución acuosa a nivel laboratorio.

**Ho:** El carbón activado de cáscara de limón (*Citrus limón*) no tiene efecto no significativo para la adsorción de plomo en disolución acuosa a nivel laboratorio.

### **2.4.2. HIPÓTESIS ESPECIFICO**

**Ha<sub>1</sub>:** El biofiltro de carbón activado de cáscara de limón (*Citrus limón*) verde tiene efecto significativo para la adsorción de plomo en disolución acuosa a nivel laboratorio.

**Ho<sub>1</sub>:** El biofiltro de carbón activado de cáscara de limón (*Citrus limón*) verde tiene efecto no significativo para la adsorción de plomo en

disolución acuosa a nivel laboratorio.

**Ha<sub>2</sub>:** El biofiltro de carbón activado de cáscara de limón (*Citrus limón*) maduro tiene efecto significativo para la adsorción de plomo en disolución acuosa a nivel laboratorio.

**Ho<sub>2</sub>:** El biofiltro de carbón activado de cáscara de limón (*Citrus limón*) maduro tiene efecto no significativo para la adsorción de plomo en disolución acuosa a nivel laboratorio.

**Ha<sub>3</sub>:** Habrá una concentración de plomo en disolución acuosa que será removida con mayor efectividad en la adsorción con carbón activado de cáscara de limón (*Citrus limón*).

**Ho<sub>3</sub>:** No habrá una concentración de plomo en disolución acuosa que será removida con mayor efectividad en la adsorción con carbón activado de cáscara de limón (*Citrus limón*).

## **2.5. VARIABLES**

### **2.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE**

Biofiltro de carbón activado

### **2.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE**

Adsorción de plomo



## 2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES (DIMENSIONES E INDICADORES)

**Tabla 1**  
*Operacionalización de variables*

| Variable   | Definición conceptual   | Definición operacional  | Dimensiones   | Indicador   | Valor Final                | Diversidad de Variables |
|--|---|---|---|---|----------------------------|-------------------------|
| <b>Independiente:</b><br>Biofiltro de carbón activado. | Sistema compuesto por el carbón activado de la cascara de limón y componentes para el tratamiento de agua con plomo a pequeña escala. | El biofiltro formado por el recipiente que contiene agua contaminada con plomo y carbón activado, que pasara por el papel filtro para la separación de fases. | - Cerca de seis gramos de carbón activado en su versión verde.<br>- Aproximadamente 6 gramos de carbón activado de cascara madura.                              | Carbón revitalizado de la cascara verde (g).<br>-Elixir de carbón activado hecho a partir de la cascara madura. | - Gramos(g)<br>- Gramos(g) | Numérica continua       |
| Variable   | Definición conceptual   | Definición operacional  | Dimensiones   | Indicador   | Valor final                | Tipo de Variable        |
| <b>Dependiente:</b><br>Adsorción de plomo              | Proceso por el cual se extrae el plomo de la disolución acuosa.   | La adsorción de plomo se medirá con los resultados de las concentraciones finales de las muestras de la disolución de plomo.                                  | - Y1: 0 mg/L de agua conminada (Grupo control)<br>- Y2: 20 mg/L de agua contaminada<br>- Y3: 40 mg/L de agua contaminada.<br>- Y4: 60 mg/L de agua contaminada. | -Plomo en el líquido vital (mg/L).  | - % de adsorción de plomo. | Numérica continua       |

*Nota.* Se observa los variables y los indicadores.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

De acuerdo con Supo y Zacarias (2020), se clasifica según diversos criterios:

Criterio 1: Según la estrategia medir la variable en cuestión, es prospectivo el investigador recolectó información de la muestra, calculó los pesos de carbón activado necesarios para la adsorción de plomo en el agua y otras mediciones que se llevarán a cabo en este estudio.

Criterio 2: Dependiendo del número de observaciones realizadas sobre la variable analizada, será longitudinal, ya que se realizará a cabo más de una evaluación de la misma.

Criterio 3: Dependiendo del número de variables analíticas, será un estudio analítico, ya que abarca más de una variable analítica, tales como el biofiltro de carbón activado con cáscara de limón y la adsorción de plomo.

Criterio 4: De acuerdo con la intervención del investigador, este análisis se llevará a cabo con la intervención, pues se llevará a cabo una investigación experimental que altera los resultados en las unidades de variable.

Rosales y Quevedo (2019) destacan que la investigación aplicada se fundamenta en el saber adquirido a través de la indagación fundamental, permitiendo detectar desafíos que demandan intervención y diseñar tácticas para su resolución.

##### **3.1.1. ENFOQUE**

Hernández (2014) sostiene que es un enfoque cuantitativo se alimenta de cifras para sostener teorías basadas a través del arte de medir y desentrañar datos, con el propósito de desentrañar la esencia de la medición y el análisis estadísticos con la validación de la hipótesis.

A través de mediciones y resultados estadísticos, se evaluará la adsorción de plomo en el agua y la eficacia del biofiltro de carbón activado basado en la cáscara de limón (Citrus limón).

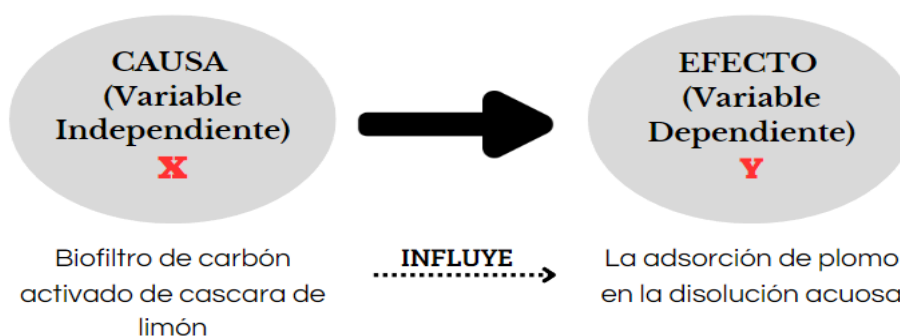
### 3.1.2. ALCANCE O NIVEL

El propósito de este estudio es explicar cómo un biofiltro de carbón activado elaborado con cáscara de limón (Citrus limón) actúa en la adsorción de plomo en disolución acuosa en el laboratorio, lo cual es explicativo porque trasciende la mera identificación de fenómenos o la creación de vínculos colaborativos entre conceptos. Como su nombre indica, su pasión reside en explicar el misterio de cómo un fenómeno emerge y se despliega en qué circunstancias, o en desentrañar cómo se entrelazan dos o más variables. Hernández (2014).

### 3.1.3. DISEÑO

Con base de Hernández (2014) Indica que un experimento es un escenario meticuloso donde una o más variables independientes son alteradas deliberadamente (causas) con el fin de evaluar las repercusiones en una o más variables dependientes (efecto), por lo que la esencia de este diseño experimental radica en que usted debe intervenir con intencionalidad para verificar sus resultados. Por ello, esta investigación adopta una estrategia experimental que revelará la efectividad del carbón activado basado en la cascará de limón (Citrus limón).

**Figura 3**  
*Causa y efecto*



Según lo señalado por Supo y Zacarias (2020), existen distintos tipos de experimentos según su propósito. Para llevar a cabo este estudio, se adoptará el diseño de un experimento verdadero, que se presenta de la siguiente forma:

**Donde:**

$G_{c1}$ : Es el grupo de control, en el cual se realizará una filtración con una solución que no contiene plomo.

$G_{e1}$ : Corresponde al grupo experimental 1, donde se efectuará la adsorción de plomo utilizando carbón activado sobre la cascara verde del limón.

$G_{e2}$ : Representa al grupo experimental 2, en el que se llevará a cabo la adsorción de plomo con carbón activado sobre la cascara madura de un limón.

$$G_{c1} = f(O1, X, O2)$$

$$G_{e1} = f(O1, X, O2)$$

$$G_{e2} = f(O1, X, O2)$$

$O1$ : Se refiere a la observación antes de realizar la adsorción de plomo.

$X$ : Hace referencia al agente o proceso experimental (biofiltro de carbón activado).

$O2$ : Indica la observación posterior a la adsorción de plomo.

**Tabla 2**  
*Matriz experimental*

| Concentración de plomo (mg) | Cantidad de carbón activado | Repeticiones   |
|-----------------------------|-----------------------------|--|
| 0                           | 6 g de CA <sub>CV</sub>     | CA <sub>CV</sub> con C <sub>1</sub> (3 repeticiones) |
|                             | 6 g de CA <sub>CM</sub>     | CA <sub>CM</sub> con C <sub>1</sub> (3 repeticiones) |
| 20                          | 6 g de CA <sub>CV</sub>     | CA <sub>CV</sub> con C <sub>2</sub> (3 repeticiones) |
|                             | 6 g de CA <sub>CM</sub>     | CA <sub>CM</sub> con C <sub>2</sub> (3 repeticiones) |
| 40                          | 6 g de CA <sub>CV</sub>     | CA <sub>CV</sub> con C <sub>3</sub> (3 repeticiones) |
|                             | 6 g de CA <sub>CM</sub>     | CA <sub>CM</sub> con C <sub>3</sub> (3 repeticiones) |
| 60                          | 6 g de CA <sub>CV</sub>     | CA <sub>CV</sub> con C <sub>4</sub> (3 repeticiones) |
|                             | 6 g de CA <sub>CM</sub>     | CA <sub>CM</sub> con C <sub>4</sub> (3 repeticiones) |
| <b>TOTAL</b>                |                             | <b>24 experimentos</b>                               |

*Nota.* En la tabla anterior, se especifica las concentraciones de plomo que será utilizadas para verificar el tratamiento con carbón activado, en total se realizará 24 experimentos

**Donde:**

**CA:** Carbón activado

**CA<sub>cv</sub>:** Carbón activado de cascara verde

**CA<sub>cm</sub>:** Carbón activado de cascara maduro

**C:** Concentración de plomo (0mg, 20mg, 40mg y 60 mg)

## 3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

### 3.2.1. POBLACIÓN

Según Hernández (2014) La población es el grupo de situaciones que satisfacen los requisitos establecidos en este estudio. En este estudio, se considera como población a la mezcla acuosa de plomo y agua destilada, ya que se trata de un estudio de laboratorio.

**Tabla 3***Coordenadas de ubicación del laboratorio de la Universidad de Huánuco*

| Dirección   | Edificio N° | Norte         | Este          |
|---|-------------|---------------|---------------|
| Ruta Central,<br>distancia de<br>km<br>2.6-Ciudad<br>Universitaria-<br>La Esperanza | 4           | 8906442.56071 | 366251.562424 |

*Nota.* Se especifica las coordenadas del lugar de estudio

### 3.2.2. MUESTRA

Según Hernández (2014) La muestra constituye, fundamentalmente, una fracción de la población total. Se refiere a un conjunto de bienes que son propiedad de un colectivo específico de individuos, denominado población. En esta investigación, se tomará una muestra de 12 litros de una mezcla acuosa compuesta por plomo y agua destilada, destinada al experimento.

## 3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

### 3.3.1. RECOLECCIÓN DE DATOS

**Tabla 4***Instrumentos de recolección de datos*

| Variable                     | Indicadores   | Técnicas    | Instrumento o recursos  |
|------------------------------|---|-------------|---|
| Biofiltro de carbón activado | <ul style="list-style-type: none"> <li>Masa de carbón activado basado en la cascara verde (g).</li> <li>Masa de carbón activado a partir de la cascara maduro(g)</li> </ul> | Observación | Los materiales y los equipos del laboratorio de la UDH para la elaboración del carbón activado.                 |
| La adsorción de plomo        | <ul style="list-style-type: none"> <li>Concentración de plomo en el agua contaminada (mg/L).</li> </ul>   | Observación | Las instalaciones del laboratorio de la UDH y los servicios de un laboratorio externo para el análisis de agua. |

### 3.3.2. METODOLOGÍA

#### 3.3.2.1. ACONDICIONAMIENTO DE MATERIA PRIMA

##### Obtención y selección de la cascara

La materia prima se puede conseguir en los huertos de la ciudad de Huánuco, en el mercado, y las cascaras en cevicherías. Se selecciona de acuerdo a su fisiología, maduras y verdes, para evitar su descomposición deben estar en buen estado.

**Figura 4**  
*Selección de cáscaras (Citrus limón)*



*Nota.* Limones verdes y maduros seleccionados en perfectas condiciones

##### Lavado

Se removió la pulpa, y se lavó bien hasta remover todas las impurezas.

**Figura 5**  
*Lavado de limones (Citrus limón)*



*Nota.* Lavado con abundante agua de las casaras de limon.

## Secado

Deshidratación a 110°C en la estufa durante 2 horas para eliminar la humedad.

**Figura 6**

*Secado del limón (Citrus limón)*



*Nota.* La cascara colocado en la estufa a 110°

## Impregnación de NaOH

Antes de realizar la activación se sumergieron en una solución de NaOH a una concentración de 0,1M por un periodo de tiempo de 3 horas, con la finalidad de eliminar todos los restos impregnados en las cascara, suciedad o germen y la grasa serán removidas con esta sustancia.

**Figura 7**

*Impregnación con NaOH 0,1M*



*Nota.* Cascara sumergidas en la solución de NaOH



## Lavado y secado

Se lavó con abundante agua destilada las cáscaras, luego se llevó a la estufa a 110° por 3 horas para ser secado. Posteriormente se enfriará en el desecador y quedará listo para su activación.

**Figura 8**

*Lavado y secado de la cáscara*



*Nota.* Se hace el lavado de cáscara impregnada con NaOH y secado de la cáscara limpia quedando listo para su activación.

### 3.3.2.2. CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

Se realiza esta caracterización para poder conocer las propiedades de la cascara de limón verde y maduro, para ello se realizó este proceso por separado y triplicado de cada uno.

#### Humedad

Se fraccio las cáscaras de limón verde y maduro por separado. Las muestras fueron colocadas en la placa Petri por triplicado de cada uno de las cáscaras, posteriormente se llevó a la estufa a 110°C por 60 min.

Luego de ser sacado de la estufa se llevó al desecador para enfriarlo, posteriormente serán pesados y se determinará con la formula.

$$\text{Humedad}(\%) = \left( \frac{A - B}{A} \right) \times 100$$

**Donde:**

**A:** Balanceo de la cascara inicial (g)

**B:** Balanceo de la cascara seca (g)

**Figura 9**

*Proceso para la caracterización de la materia prima*



*Nota.* Para el procedimiento de determinar el porcentaje de humedad se colocó las cáscaras pesadas en las placas Petri, para luego ingresarlas en la estufa a 110°C

### 3.3.2.3. CONTENIDO DE CENIZA

Se pesó 6g de muestra de cada una de las cascara verde y madura por triplicado. Se colocaron en crisoles y se calcinaron durante 1 hora, luego se llevó a la estufa a 300°C por 1 hora. Posteriormente se enfrió las muestras en el desecador y se pesó las cenizas de cada muestra para determinar el contenido de ceniza según la norma ASTM D 3174 – 04 con la siguiente formula:

$$Ceniza(\%) = \left[ \frac{A - B}{C} \right] \times 100$$

**Donde:**

**A:** Peso de crisol y residuo de ceniza (g)

**B:** Peso de crisol vacío (g)

**C:** Peso inicial de la muestra (g)

**Figura 10**

*Proceso para la caracterización de la materia prima*



*Nota.* Para el procedimiento de determinar el porcentaje de ceniza: primero se tuvo que colocar en los crisoles las cáscaras, segundo se calcinó las muestras, tercero se llevó a la estufa a 300°C y cuarto se tuvo que enfriar los residuos de cenizas

### **Material volátil**

$$\text{Peso perdido}(\%) = \left[ \frac{A - B}{A} \times 100 \right]$$

$$\text{Material volátil}(5) = \left[ \frac{A - B}{A} \times 100 \right] - D$$

**Donde:**

**A:** Peso inicial de la muestra(g)

**B:** Peso de la muestra sin material volátil

**C:** Peso perdido (%)

**D:** Humedad (%)

**Figura 11**

*Proceso para determinar el contenido volátil de la cáscara*



*Nota.* Para el procedimiento de determinar el material volátil, se tuvo que ingresar la muestra en la estufa a 300°C, para luego ser secado en el sistema desecador

#### **3.3.2.4. PRODUCCIÓN DE CARBÓN ACTIVADO A PARTIR DE LA CÁSCARA DE LIMÓN**

##### **Impregnación del $H_3PO_4$**

Las cáscaras limpias fueron sumergidas en la solución de  $H_3PO_4$  al 85% que actuará como agente activante, en razón de impregnación (peso de cáscara(g/ml) de agente activante(g)). Se dejó reposado durante 24 horas a temperatura ambiente para su respectiva activación. Posteriormente se llevó a la estufa a 110° por 3 horas.



**Figura 12**  
*Procedimiento para la activación de la cascara*



**Nota.** Para el proceso de activación, primero se debe hacer el preparado de la solución de  $H_3PO_4$  al 85%, segundo reposo durante 24 horas, tercero llenado en los crisoles y cuarto el secado en estufa a  $100^\circ$  en un espacio de 3 horas

## Tratamiento térmico

La carbonización de la cascara activada se llevó a cabo en la estufa a 300°C por 3 horas, cumplido la hora se dejó enfriar en el desecador.

**Figura 13**  
*Proceso de carbonización*



*Nota.* Para la carbonización se tuvo que realizar a estufa a 300°C por un periodo de 3 horas

## Lavado, secado, molienda y tamizado

Se lavó con abundante agua destilada los carbones activados fríos, hasta equilibrar el pH que tuvo como resultado entre 4,7 a 5, lo cual es una medida que se encuentra dentro del estándar para su adecuado funcionamiento, luego se dejó secar en la estufa a 110°C por 4 horas. Se utilizó el mortero para la molienda, que posteriormente fue tamizado con una malla de N° 80, finalmente se almacenó en frascos de plástico, que será conservada hasta su uso.

**Figura 14**

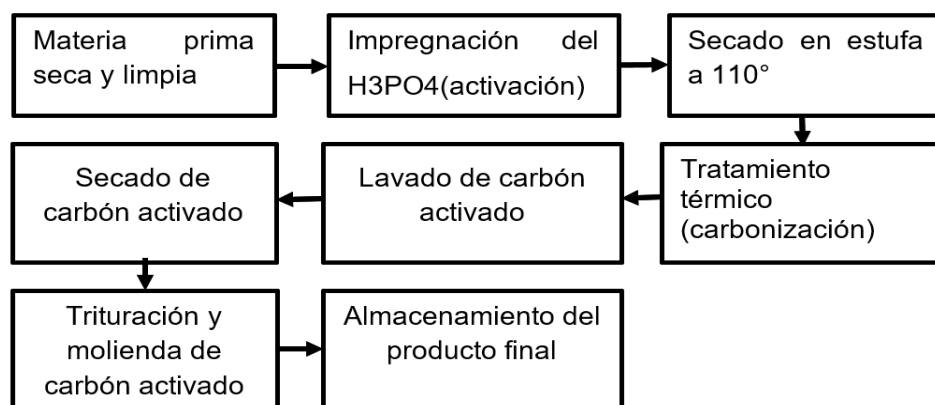
*Proceso de limpieza, secado, molienda y tamizado del carbón activado*



*Nota.* El primer paso a considerar fue lavar el carbón activado hasta equilibrar el Ph, segundo fue el secado a 110°C en un periodo de 3 horas, tercero fue moler el carbón activado, para finalmente almacenarlo en frascos listos para su uso

**Figura 15**

*Proceso de fabricación del carbón activado*



*Nota.* Se observa un flujograma del Proceso de fabricación del carbón activado

### 3.3.2.5. EVALUACIÓN DEL CARBÓN ACTIVADO

#### **Análisis del rendimiento del carbón activado obtenido**

Para calcular el rendimiento se utilizó la ecuación 6.

$$Y(\%) = \left( \frac{M_{CA}}{M_p} \right) \times 100$$

**Donde:**

**M<sub>CA</sub>:** masa del carbón activado (g)

**M<sub>p</sub>:** masa de la cascara de limón (g)

#### **Contenido de humedad**

Los carbones activados pesados se colocaron a las placas Petri para llevarlo a la estufa a 105°C durante 3 horas. Se dejó enfriar en el desecador para luego pesar y hallar en porcentaje de humedad con la ecuación ASTM D-1762.

$$Humedad(\%) = \left( \frac{A - B}{A} \right) \times 100$$

**Donde:**

**A:** Peso inicial del carbón activado (g)

**B:** Peso seco del carbón activado (g)



**Figura 16**  
*Muestras de carbón activado*



*Nota.* Muestras en la estufa

### **Contenido de materia volátil**

Antes de colocar los crisoles con carbón activado se calentó la estufa aproximadamente 30 min a 300°C. Posteriormente se colocan los crisoles contenidos de carbón activado a la estufa por 30 min a 300°C. Concluido la hora se llevó al desecador para dejar enfriar y pesar. Se calculó en porcentaje de material volátil con la Ecuación ASTM D-1762.

$$\text{Material volátil}(\%) = \left( \frac{A - B}{A} \right) \times 100$$

Donde:

A: Peso seco del carbón activado(g)

B: Peso del carbón activado sin material volátil(g)

**Figura 17**  
*Muestras de carbón activado en crisoles*



*Nota.* Crisoles contenidos de muestras

### Contenido de ceniza

Pesar los carbones activados y colocarlos en los crisoles, para calcinarlo en la estufa a 300°C por 5 horas. Concluido la hora se llevó a enfriarlo en el desecador. Posteriormente se pesó las cenizas y se determinó en porcentaje de con la ecuación ASTM D-1762.

$$Ceniza(\%) = \left(\frac{B}{A}\right) \times 100$$

**Donde:**

**A:** Peso seco del carbón activado (g)

**B:** Peso de la ceniza (g)

### Carbón fijo

El carbón fijo se determinó con la siguiente formula.

$$Carbon\ fijo = 100 - (HR + CENIZAS + MATERIA\ VOLATIL)$$

### 3.3.2.6. MECANISMO DE ABSORCIÓN DE PLOMO

#### Elaboración de agua contaminada con Pb

Se prepararon agua contaminada, conformada por soluto y solvente, Pb y agua destilada respectivamente, esta disolución se preparó a partir de una solución estándar de  $Pb(NO_3)_2$ . Para este proceso se preparó disoluciones con concentraciones de 0mg/L, 20mg/L, 40mg/L y 60mg/L de Pb(II). En total se usó 12 litros de agua, para la cantidad de soluto se calculó de la siguiente manera: Por dato tenemos:

$$M(Pb) = 207.2\text{ g/mol}$$

$$M(Pb(NO_3)_2) = 331.2\text{ g/mol}$$

$$m(Pb) = M(Pb) \times n(Pb)$$

**Donde:**

**m(Pb)**= Masa de Pb (g)

**M(Pb)**= Masa molar

**n(Pb)**= moles de Pb

De la ecuación:

$$1gPb \left( \frac{1mol Pb}{207.2g Pb} \right) \times \left( \frac{1mol Pb(NO_3)_2}{1mol Pb} \right) \times \left( \frac{331.2 Pb(NO_3)_2}{1mol Pb(NO_3)_2} \right)$$

Resolviendo:

*1.5985g de Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> tiene 1g de Pb*

Por lo tanto: *1g de Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> tiene 0.6256g de Pb*

Para preparar una solución estándar de plomo que es 1000mg/L, se hizo los siguientes cálculos:

$$1g Pb(NO_3)_2 \rightarrow 0.6256 g Pb$$

$$x \rightarrow 1g Pb$$

$$x = 1.598g de Pb(NO_3)_2$$

Por lo tanto, el peso de Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> es 1.598 g que se disolverá con agua destilada para formar la solución patrón de 1000mg/L de plomo. A partir de la solución patrón se prepararon disoluciones con concentraciones de 0, 20, 40 y 60 mg/L.

- Para 0mg/L no se utilizó la muestra patrón, solo 3 L de agua destilada.
- Para la concentración 20mg/L:

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

**Donde:**

C<sub>1</sub>: Aumento de la concentración de la solución frecuente

V<sub>1</sub>: Capacidad de la mezcla diseñada.

C<sub>2</sub>: Aumento en la concentración de la mezcla diluida

V<sub>2</sub>: Capacidad de la mezcla diluida.

$$\frac{1000mg}{L} \times (X) = \frac{20mg}{L} \times 3L$$

$$X = 0.06L = 60ml$$

Para preparar la disolución con concentración 20mg/L, se utilizó 60ml de la solución patrón y 2.94 litros de agua destilada para preparar la disolución de 3 L, de esta manera se obtuvo 6 muestras de 500ml cada uno con concentración de 20mg/L.

➤ Para la concentración 40mg/L

$$\frac{1000mg}{L} \times (X) = \frac{40mg}{L} \times 3L$$

$$X = 0.12 L = 120ml$$

Se utilizó 120 ml de la solución patrón para completar con agua destilada y formar 3 L de disolución de Pb a concentración de 40mg/L.

➤ Para concentración 60mg/L

$$\frac{1000mg}{L} \times (X) = \frac{60mg}{L} \times 3L$$

$$X = 0.18 L = 180ml$$

Con 180ml de solución patrón y completando lo restante con agua destilada se formó 3 L de la disolución de Pb con concentración de 60mg/L.

**Tabla 5***El equilibrio entre el soluto y el solvente en la disolución*

| Cantidad de plomo (mg) | Concentración de plomo(mg/L) | Cantidad de disolución de Pb(ii) (L) |
|------------------------|------------------------------|--------------------------------------|
| 0                      | 0                            | 3                                    |
| 20                     | 20                           | 3                                    |
| 40                     | 40                           | 3                                    |
| 60                     | 60                           | 3                                    |

*Nota.* Esta tabla revela la cantidad de plomo empleada para elaborar la disolución.

### Experimento de adhesión de plomo con carbón activado

El experimento de dilución se llevó a cabo en formato Batch, empleando 6 gramos de carbón activado en contacto con 500 ml de disoluciones de plomo en diversas concentraciones (0mg/L, 20mg/L, 40mg/L y 60mg/L), con un pH que oscila entre 3 y 4 a temperatura ambiente, enseguida se llevó en agitadores y se programó la velocidad de 500 rpm cada una con tiempo de 1.5 horas para cada experimento con la finalidad de llegar al equilibrio. Al culminar el proceso de adsorción se separó las fases por filtración. Finalmente, las muestras fueron enviadas al laboratorio para su análisis.

**Tabla 6***La cantidad de carbón activado empleado en cada experimento*

| Biofiltros | Concentración de Pb(mg/L) | Carbón activado(g) | Tipo de cascara de limón |
|------------|---------------------------|--------------------|--------------------------|
| A, B, C    | 0                         | 6g                 | Cascara maduro           |
| D, E, F    | 0                         | 6g                 | Cascara verde            |
| G, H, I    | 20                        | 6g                 | Cascara maduro           |
| J, K, L    | 20                        | 6g                 | Cascara verde            |
| M, N, Ñ    | 40                        | 6g                 | Cascara maduro           |
| O, P, Q    | 40                        | 6g                 | Cascara verde            |
| R, S, T    | 60                        | 6 g                | Cascara maduro           |
| U, V, W    | 60                        | 6g                 | Cascara verde            |

*Nota.* Se muestra el peso de carbón activado a base de cascara verde y maduro que se utilizó para cada experimento de diferentes concentraciones de las disoluciones de Pb.

**Figura 18**  
*Proceso de adsorción*



*Nota.* Para el proceso de adsorción se optó por los siguientes pasos; primero determinar las cantidades de carbones para la interacción con las soluciones de Pb, segundo se tuvo que utilizar los sistemas agitadores con una velocidad de 500 rpm durante 1.5 horas, para finalmente verificar la separación de fases a través de filtración con el uso de papel filtro.

**Figura 19**  
*Muestras verificadas*



*Nota.* Muestras ya verificadas, son listas para ser enviadas y analizadas por el laboratorio acreditado HIDROLAB

### **3.3.2.7. EVALUACIÓN DE LA ADSORCIÓN DE PLOMO**

#### **- Cálculación de la proporción de plomo removido**

Con los datos obtenidos de los resultados del análisis y las concentraciones iniciales de Plomo, se determinó el % de remoción con la siguiente formula:

$$Remocion = \left( \frac{C_o - C_f}{C_o} \right) \times 100$$

**Donde:**

**Co:** Concentración inicial mg/L

**Cf:** Concentración final mg/L

### **3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

#### **3.4.1. PRESENTACIÓN DE DATOS**

En esta etapa del estudio, se contempla la utilización de tablas y gráficos derivados del análisis estadístico, para desentrañar y descifrar los datos conforme a los objetivos establecidos, utilizando la narrativa científica para una interpretación más profunda de los hallazgos. Estos resultados serán esenciales para la discusión y la conclusión del estudio.

#### **3.4.2. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS**

Se planea emplear IBM SPSS y Microsoft Excel para descifrar los misterios de la adsorción de plomo con carbón activado en la cascara de limón. La hipótesis será verificada a través de la prueba de normalidad y se emplea la técnica estadística de ANOVA, Tukey y Regresión Lineal para corroborarla. Mediante esta investigación, se examinará si el biofiltro de carbón activado inspirado en la piel de limón es eficaz, ya que esa es la esencia analítica del estudio en cuestión.



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

##### 4.1.1. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

Se utilizó cáscara de limón verde y madura como materia prima o precursores. Se evaluaron por triplicado diferentes propiedades de la cáscara de limón. Según los antecedentes de la investigación, para obtener carbón activado eficiente se deben observar ciertos parámetros como porcentaje de humedad, cenizas, contenido de materia volátil y carbono.

#### Humedad

Los resultados de la evaluación de humedad de las cascara de limón son las siguientes:

**Tabla 7**  
*Efectos del estudio de la evaporación cascara madura y verde*

| Número de repetición | Cascara madura | Cascara verde  |
|----------------------|----------------|----------------|
|                      | % Humedad      | % Humedad      |
| 1                    | 10.5349        | 10.0919        |
| 2                    | 10.5462        | 10.1940        |
| 3                    | 10.8123        | 10.4207        |
| <b>Promedio</b>      | <b>10.6311</b> | <b>10.2355</b> |

*Nota.* El promedio de humedad en la piel madura alcanzó 10.6311, mientras que en la piel verde alcanzó 10.2355, cifras que fueron calculadas mediante tres números de repeticiones

El contenido de humedad es inversamente proporcional a la afectividad de la cascara de limón, por lo tanto, con un promedio de contenido de humedad 10.6311% y 10.2355% en la evaluación de la cascara madura y verde respectivamente, es favorable para la elaboración del carbón activado.

## Contenido de ceniza

Los resultados de la evaluación de contenido de ceniza de las cascara de limón son las siguientes:

**Tabla 8**

*Logros del análisis de contenido de ceniza de la cascara madura y verde*

| Número de repetición | Cascara madura | Cascara verde |
|----------------------|----------------|---------------|
|                      | % Ceniza       | % Ceniza      |
| 1                    | 7.7414         | 8.1203        |
| 2                    | 7.6072         | 8.0413        |
| 3                    | 7.8708         | 8.0123        |
| <b>Promedio</b>      | <b>7.7398</b>  | <b>8.0580</b> |

*Nota.* El porcentaje de ceniza promedio en la cáscara madura fue de 7.7398, mientras que el porcentaje de ceniza promedio en la cáscara verde fue 8.0580, obteniendo un promedio de porcentaje mayor en la cáscara verde

El contenido de ceniza obtenido de la evaluación de las cascara de limón madura y verde son favorables, ya que, a menor contenido de ceniza, mayor será la efectividad de las cascara para la elaboración del carbón activado.

## Contenido de material volátil

Los resultados de la evaluación de contenido de material volátil de las cascara de limón son las siguientes:

**Tabla 9**

*Logros del análisis de contenido de material volátil de la cascara madura y verde*

| Número de repetición | Cascara madura     | Cascara verde      |
|----------------------|--------------------|--------------------|
|                      | % material volátil | % material volátil |
| 1                    | 73.3311            | 71.9081            |
| 2                    | 73.8283            | 70.7736            |
| 3                    | 73.9653            | 70.6739            |
| <b>Promedio</b>      | <b>73.9653</b>     | <b>71.1186</b>     |

*Nota.* Se realizó 3 número de repeticiones respecto al contenido de material volátil, sin embargo, el resultado de porcentaje de material volátil en la cáscara madura fue de 73.9653 siendo el mayor promedio, mientras que, en la cáscara verde se obtuvo 71.1186

El contenido de material volátil es la emisión de gas y vapor a altas temperaturas, en este caso de las cascara de limón madura y verde, los resultados indican que este producto es volátil, por lo que perdió el peso gaseoso de las cascara. El alto contenido de material volátil es favorable.

### Contenido de carbono fijo

Los resultados de la evaluación de contenido de carbono fijo de las cascara de limón son las siguientes:

**Tabla 10**

*Resultados del análisis de contenido de carbono fijo de la cascara madura y verde*

| Numero de repetición | Cascara madura | Cascara verde  |
|----------------------|----------------|----------------|
|                      | % carbono fijo | % carbono fijo |
| 1                    | 8.3926         | 9.8797         |
| 2                    | 8.0183         | 10.9911        |
| 3                    | 7.3516         | 10.8931        |
| <b>Promedio</b>      | <b>7.9208</b>  | <b>10.5880</b> |

*Nota.* Respecto al contenido de porcentaje de carbono fijo se obtuvo un mayor promedio en la cáscara verde con un total de 10.5880, por lo tanto, respecto a la cáscara verde se obtuvo 7.9208, el análisis de ambas se realizó con 3 números de repeticiones

La capacidad de carbono fijo es la cantidad de carbono presente en las cascara. Estos resultados indican que las cascara antes de ser incineradas presentan bajo carbono.

**Tabla 11**

*Resultados del análisis de la cascara madura y verde*

| Parámetros                    | Resultados (%) |               |
|-------------------------------|----------------|---------------|
|                               | Cascara madura | Cascara verde |
| Humedad                       | 10.6311        | 10.2355       |
| Contenido de ceniza           | 7.7398         | 8.0580        |
| Contenido de material volátil | 73.9653        | 71.1186       |
| Carbono fijo                  | 7.9208         | 10.5880       |

*Nota.* Anterior se resume los datos obtenidos en los diferentes parámetros como humedad, contenido de ceniza, contenido de material volátil y carbono fijo, que fueron analizados en la cáscara madura y cáscara verde

#### 4.1.2. RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DEL CARBÓN ACTIVADO

Los parámetros del carbón activado se evaluaron por triplicado para determinar si cumple con las propiedades requeridas y la calidad especificada y, por tanto, si es apto para aplicaciones de adsorción.

##### Rendimiento del carbón activado

El estudio del rendimiento muestra si las materias primas y los métodos utilizados en la producción resultan factibles. El rendimiento puede verse afectado por características como el tipo de la materia prima, la temperatura de activación, el tipo de agente activante y la razón de impregnación.

**Tabla 12**

*Resultados del análisis de rendimiento de carbón activado a base de la cascara madura y verde*

| Numero de repetición | Cascara madura | Cascara verde  |
|----------------------|----------------|----------------|
|                      | % Rendimiento  | % Rendimiento  |
| 1                    | 27.6964        | 27.2462        |
| 2                    | 26.0124        | 28.9525        |
| 3                    | 25.2484        | 27.9723        |
| <b>Promedio</b>      | <b>26.3191</b> | <b>28.0570</b> |

*Nota.* Se analizó el rendimiento de carbón activado, por lo tanto, el porcentaje en mayor rendimiento fue a base de cáscara verde obteniendo un promedio de 28.0570, mientras que la cáscara madura resultó 26.3191

Los rendimientos del carbón activado se evaluaron matemáticamente con la masa obtenida del carbón sobre masa de las cascara utilizadas para esa cantidad obtenida de carbón activado. En los resultados se observa que cascara verde con 28.0570% es ligeramente mayor en rendimiento, por lo tanto, se obtendrá mayor masa de carbón activado.

##### Humedad

La evaluación del grado de humedad en el carbón activado reveló los siguientes hallazgos:

**Tabla 13**

*Resultados del análisis de contenido de humedad a base de la cascara madura y verde*

| Numero de repetición | Carbón activado de cascara madura | Carbón activado de cascara verde |
|----------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
|                      | % Humedad                         | % Humedad                        |
| 1                    | 7.2872                            | 8.4062                           |
| 2                    | 7.3402                            | 8.1580                           |
| 3                    | 6.9493                            | 8.3118                           |
| <b>Promedio</b>      | <b>7.1922</b>                     | <b>8.2920</b>                    |

*Nota.* La cantidad de humedad en el carbón activado de cáscara madura resultó 7.1922, sin embargo, respecto a la humedad en el carbón activado de cáscara verde se obtuvo un promedio de 8.2920, siendo analizados en 3 repeticiones

Según los resultados obtenidos, el contenido de humedad es menor a comparación con las cascara de Limón, lo que indica que el carbón activado tendrá efectividad significativa.

### **Contenido de material volátil**

Sustancias volátiles contenidos en el carbón activado. Los resultados de la evaluación del contenido de material volátil del carbón activado:

**Tabla 14**

*Resultados del análisis de contenido de material volátil de carbón activado a base de la cascara madura y verde*

| Numero de repetición | Carbón activado de cascara madura | Carbón activado de cascara verde |
|----------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
|                      | % Contenido de material volátil   | % Contenido de material volátil  |
| 1                    | 6.8058                            | 8.1999                           |
| 2                    | 6.5925                            | 8.1878                           |
| 3                    | 6.9348                            | 8.0177                           |
| <b>Promedio</b>      | <b>6.7777</b>                     | <b>8.1351</b>                    |

*Nota.* La cantidad de contenido volátil en el carbón activado de cáscara madura resultó 6.7777, mientras que, el mayor promedio fue respecto a la humedad en el carbón activado de cáscara verde ya que se obtuvo un promedio de 8.1351, ambas se bases de cáscaras se realizó en 3 repeticiones

El carbón activado de la cascara madura posee bajo contenido de material volátil, a consecuencia de ser incinerado a altas temperaturas hasta ser liberados las sustancias volátiles contenidos en tu interior. Al ser más densos poseen características aceptables para la adsorción.

### Contenido de ceniza

Los resultados de la tasación del contenido de ceniza del carbón activado son las siguientes:

**Tabla 15**

*Resultados del análisis de contenido de ceniza de carbón activado a base de la cascara madura y verde*

| Numero de repetición | Carbón activado<br>de cascara madura | Carbón activado de<br>cascara verde |
|----------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
|                      | % Implícito de<br>ceniza             | % Implícito de ceniza               |
| 1                    | 10.0520                              | 11.9040                             |
| 2                    | 10.0154                              | 11.8234                             |
| 3                    | 10.1788                              | 12.0013                             |
| <b>Promedio</b>      | <b>10.0820</b>                       | <b>11.9096</b>                      |

*Nota.* La cantidad de contenido de ceniza en el carbón activado de cáscara madura resultó 10.0820, además el promedio de la humedad en el carbón activado de cáscara verde fue de 11.9096, ambas se bases de cáscaras se realizó en 3 repeticiones

En el cuadro de resultados se muestra que el carbón activado de la cascara madura tiene bajo contenido de ceniza, lo cual influye positivamente en el proceso de adsorción, ya que, el contenido de ceniza se considera como impurezas del carbón activado.

### Carbono fijo

Los resultados de la evaluación de carbono fijo del carbón activado son las siguientes:

**Tabla 16**

*Resultados del análisis de carbono fijo de carbón activado a base de la cascara madura y verde*

| Numero de repetición | Carbón activado de cascara madura | Carbón activado de cascara verde |
|----------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
|                      | % Carbono fijo                    | % Carbono fijo                   |
| 1                    | 78.8550                           | 71.4908                          |
| 2                    | 76.0519                           | 71.8308                          |
| 3                    | 75.9371                           | 71.6692                          |
| <b>Promedio</b>      | <b>76.9480</b>                    | <b>71.6636</b>                   |

*Nota.* El análisis del porcentaje de carbono fijo resultó 76.9480 en cáscara madura obteniendo el promedio mayor, mientras que, el porcentaje de carbono fijo en cáscara verde fue de 71.6636

El carbono fijo del carbón activado elaborado de la cascara de Limón madura fue mayor a comparación del CA de la cascara verde, lo que indica que cumplen las características de calidad del carbón activado, por lo que tendrá mayor efectividad en la adsorción, también se observa el aumento drástico del valor obtenido con respecto a las cascara antes de sin incineradas.

**Tabla 17**

*Resultados del análisis de carbón activado a base de la cascara madura y verde*

| Parámetros                    | Resultados (%)                    |                                  |
|-------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
|                               | Carbón activado de cascara madura | Carbón activado de cascara verde |
| Humedad                       | 7.1922                            | 8.2920                           |
| Contenido de material volátil | 6.7777                            | 8.1351                           |
| Contenido de ceniza           | 10.0820                           | 11.9096                          |
| Carbono fijo                  | 76.9480                           | 71.6636                          |

*Nota.* En la tabla anterior se resume el análisis de carbón activado a base de cáscara madura y verde, obteniendo los resultados promedio en los diferentes parámetros como humedad, contenido de ceniza, contenido de material volátil y carbono fijo

#### **4.1.3. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE ADSORCIÓN DE PLOMO**

Para la evaluación de adsorción de plomo, como primer paso se evaluó el grupo control (es decir la interacción de 0 concentración de

plomo y carbón activado), posteriormente se trabajó con las concentraciones iniciales de 20, 40 y 60 mg/L de soluciones de plomo que interactuó con 6 g de carbón activado, cada experimento se realizó por triplicado. Se trabajó con pH 3 y 4 durante la adsorción.

**Tabla 18**

*Concentración inicial y código de repeticiones para cada muestra*

| Concentración inicial de plomo (mg/L) | Masa de carbón activado (g) | Carbón activado de la cascara madura |            |            | Carbón activado de la cascara verde |            |            |
|---------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|------------|------------|-------------------------------------|------------|------------|
|                                       |                             | Código de Repeticiones               |            |            | Código de repeticiones              |            |            |
| 0                                     | 6                           | M 1-CA-CM                            | M 2-CA-CM  | M 3-CA-CM  | M 4-CA-CV                           | M 5-CA-CV  | M 6-CA-CV  |
| 20                                    | 6                           | M 7-CA-CM                            | M 8-CA-CM  | M 9-CA-CM  | M 10-CA-CV                          | M 11-CA-CV | M 12-CA-CV |
| 40                                    | 6                           | M 13-CA-CM                           | M 14-CA-CM | M 15-CA-CM | M 16-CA-CV                          | M 17-CA-CV | M 18-CA-CV |
| 60                                    | 6                           | M 19-CA-CM                           | M 20-CA-CM | M 21-CA-CM | M 22-CA-CV                          | M 23-CA-CV | M 24-CA-CV |

*Nota.* En la tabla anterior se registra el código de repeticiones de carbón activado a base de cáscara madura y verde, considerando diferentes concentraciones iniciales de plomo 20, 40 y 60 mg/L, además el grupo control con una concentración inicial de 0 en plomo y carbón activado

Donde:

Mx-CA-CM: Muestra tratada con carbón activado de cascara madura.

Mx-CA-CV: Muestra tratada con carbón activado de cascara verde.



**Tabla 19***Ph de cada muestra durante la adsorción*

| CA de cascara maduro |            |            | CA de cascara verde |            |            |
|----------------------|------------|------------|---------------------|------------|------------|
| pH=4                 |            |            | pH=3                |            |            |
| M 1-CA-CM            | M 2-CA-CM  | M 3-CA-CM  | M 4-CA-CV           | M 5-CA-CV  | M 6-CA-CV  |
| M 7-CA-CM            | M 8-CA-CM  | M 9-CA-CM  | M 10-CA-CV          | M 11-CA-CV | M 12-CA-CV |
| M 13-CA-CM           | M 14-CA-CM | M 15-CA-CM | M 16-CA-CV          | M 17-CA-CV | M 18-CA-CV |
| M 19-CA-CM           | M 20-CA-CM | M 21-CA-CM | M 22-CA-CV          | M 23-CA-CV | M 24-CA-CV |

*Nota.* Se realizó 24 muestras con su respectivo código de repetición, considerando un pH = 4 en el carbón activado a base de cáscara madura, y pH = 3 en el carbón activado a base de cáscara verde

Las concentraciones finales se obtendrán luego de haber realizado el proceso de adsorción en el laboratorio de química ambiental de la Universidad de Huánuco y culminado este se mandó a analizar las muestras de agua tratada al laboratorio Hidrolab, teniendo así los resultados de concentraciones finales en las siguientes tablas:

**Tabla 20***Resultados concentración final de plomo de la concentración inicial número 1*

| Masa de carbón activado(g) | Carbón activado del tipo de cascara | Código de repeticiones | Concentración de plomo (mg/L) |
|----------------------------|-------------------------------------|------------------------|-------------------------------|
| 6                          | Cascara maduro                      | M 1-CA-CM              | 0                             |
| 6                          | Cascara maduro                      | M 2-CA-CM              | 0                             |
| 6                          | Cascara madura                      | M 3-CA-CM              | 0                             |
| 6                          | Cascara verde                       | M 4-CA-CV              | 0                             |
| 6                          | Cascara verde                       | M 5-CA-CV              | 0                             |
| 6                          | Cascara verde                       | M 6-CA-CV              | 0.02                          |

*Nota.* En la tabla anterior se registra los datos del grupo de control, en este análisis hubo una concentración final de plomo de 0.024 mg/L en la muestra M 6-CA-CV en función del carbón activado a base de la cáscara verde, sin embargo, hubo un error en la manipulación de los envases representado el único resultado final

**Tabla 21***Resultados concentración final de plomo de la concentración inicial número 2*

| <b>Masa de carbón activado(g)</b> | <b>Carbón activado del tipo de cascara</b> | <b>Código de repeticiones</b> | <b>Concentración de plomo (mg/L)</b> |
|-----------------------------------|--|-------------------------------|--------------------------------------|
| 6                                 | Cascara maduro                             | M 7-CA-CM                     | 0,455                                |
| 6                                 | Cascara maduro                             | M 8-CA-CM                     | 0,409                                |
| 6                                 | Cascara madura                             | M 9-CA-CM                     | 0,317                                |
| 6                                 | Cascara verde                              | M 10-CA-CV                    | 0,638                                |
| 6                                 | Cascara verde                              | M 11-CA-CV                    | 0,32                                 |
| 6                                 | Cascara verde                              | M 12-CA-CV                    | 0,81                                 |

*Nota.* Se trabajó con una concentración inicial de plomo de 20 mg/L, donde se realizó 6 repeticiones en función del carbón activado a base de ambos tipos de cáscara (madura y verde), fueron analizados por el laboratorio HIDROLAB, resultando que en la muestra de código M9-CA-CM el carbón activado a base de cáscara madura presentó una reducción de 0,317 mg/L, así mismo, en la muestra de código M 12-CA-CV el carbón activado a base de cáscara verde redujo a 0,32 mg/L, resaltando que ambas muestras resultaron las más óptimas del grupo.

**Tabla 22***Resultados concentración final de plomo de la concentración inicial número 3*

| <b>Masa de carbón activado(g)</b> | <b>Carbón activo de la naturaleza de la cascara</b> | <b>Código de repeticiones</b> | <b>Concentración de plomo (mg/L)</b> |
|-----------------------------------|---|-------------------------------|--------------------------------------|
| 6                                 | Cascara maduro                                      | M 13-CA-CM                    | 1,26                                 |
| 6                                 | Cascara maduro                                      | M 14-CA-CM                    | 2,69                                 |
| 6                                 | Cascara madura                                      | M 15-CA-CM                    | 3,75                                 |
| 6                                 | Cascara verde                                       | M 16-CA-CV                    | 5,18                                 |
| 6                                 | Cascara verde                                       | M 17-CA-CV                    | 6,09                                 |
| 6                                 | Cascara verde                                       | M 18-CA-CV                    | 1,25                                 |

*Nota.* Se trabajó con una concentración inicial de plomo de 40 mg/L, donde se realizó 6 repeticiones en función del carbón activado a base de ambos tipos de cáscara (madura y verde), fueron analizados por el laboratorio HIDROLAB, resultando que en la muestra de código M13-CA-CM el carbón activado a base de cáscara madura presentó una reducción de 1,26 mg/L, así mismo, en la muestra de código M18-CA-CV el carbón activado a base de cáscara verde redujo a 1,26 mg/L, resaltando que ambas muestras resultaron las más óptimas del grupo.

**Tabla 23***Resultados concentración final de plomo (Pb) de la concentración inicial número 4*

| Masa de carbón activado(g) | Carbón activado del tipo de cascara | Código de repeticiones | Concentración de plomo (mg/L) |
|----------------------------|-------------------------------------|------------------------|-------------------------------|
| 6                          | Cascara maduro                      | M 19-CA-CM             | 11,7                          |
| 6                          | Cascara maduro                      | M 20-CA-CM             | 13                            |
| 6                          | Cascara madura                      | M 21-CA-CM             | 12                            |
| 6                          | Cascara verde                       | M 22-CA-CV             | 15,8                          |
| 6                          | Cascara verde                       | M 23-CA-CV             | 18,7                          |
| 6                          | Cascara verde                       | M 24-CA-CV             | 23,4                          |

*Nota.* Se trabajó con una concentración inicial de plomo de 60 mg/L, donde se realizó 6 repeticiones en función del carbón activado a base de ambos tipos de cáscara (madura y verde), fueron analizados por el laboratorio HIDROLAB, resultando que en la muestra de código M19-CA-CM el carbón activado a base de cáscara madura presentó una reducción de 11,7 mg/L, así mismo, en la muestra de código M22-CA-CV el carbón activado a base de cáscara verde redujo a 15,8 mg/L.

**Tabla 24***Resultados de concentración final de plomo (Pb) de todas las concentraciones con respecto a la concentración inicial*

| Ci (mg/L) | Concentración final de plomo mg/L |              |              |                                   |              |              |
|-----------|-----------------------------------|--------------|--------------|-----------------------------------|--------------|--------------|
|           | Carbón activado de cascara madura |              |              | Carbón activado de cascara madura |              |              |
|           | Repetición 1                      | Repetición 2 | Repetición 3 | Repetición 1                      | Repetición 2 | Repetición 3 |
| 0         | 0                                 | 0            | 0            | 0                                 | 0            | 0.02         |
| 20        | 0,455                             | 0,409        | 0,317        | 0,638                             | 0,32         | 0,81         |
| 40        | 1,26                              | 2,69         | 3,75         | 5,18                              | 6,09         | 1,25         |
| 60        | 11.7                              | 13           | 12           | 15,8                              | 18,7         | 23,4         |

*Nota.* Las concentraciones iniciales de plomo que se utilizaron fueron de 0, 20, 40 y 60 (mg/L), por lo tanto, se realizó un total de 24 repeticiones. Con una concentración inicial de 20 mg/L el promedio de reducción en función de carbón activado a base cáscara madura fue de 0.394 mg/L, mientras que se obtuvo un promedio de 0.589 mg/L en función de carbón activado a base cáscara verde. Con una concentración inicial de 40 mg/L el promedio de reducción en función de carbón activado a base cáscara madura fue de 2.567 mg/L, mientras que se obtuvo un promedio de 4.173 mg/L en función de carbón activado a base cáscara verde. Con una concentración inicial de 60 mg/L el promedio de reducción en función de carbón activado a base cáscara madura fue de 12.233 mg/L, mientras que se obtuvo un promedio de 19.3 mg/L en función de carbón activado a base cáscara verde. Por lo tanto, lo más eficiente fue utilizar 40mg/L de plomo.

**Tabla 25**

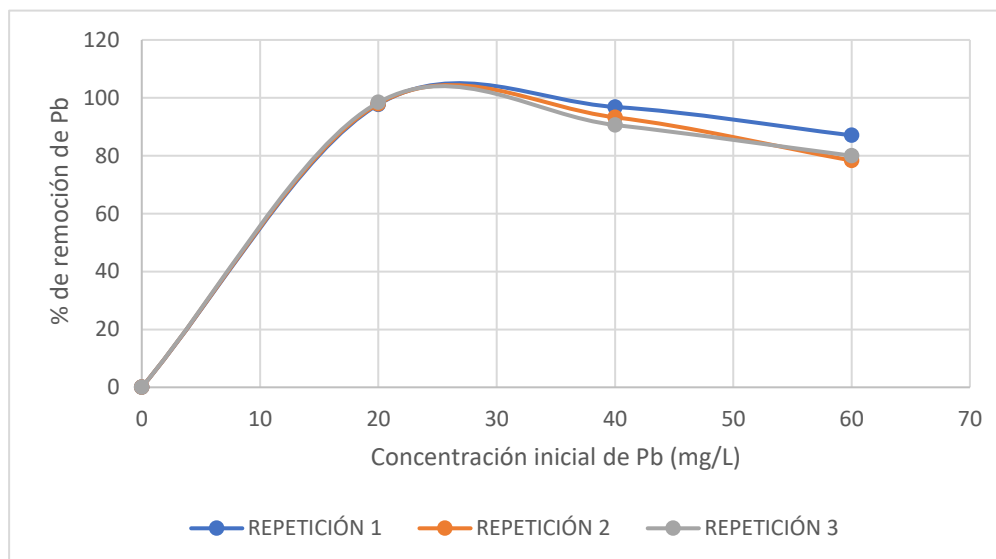
*Resultados del porcentaje de remoción de plomo (Pb) de diferentes concentraciones con respecto a la concentración inicial*

| Ci<br>(mg/L<br>) | % Porcentaje de remoción de plomo    |                  |                  |                                      |                  |                  |
|------------------|--------------------------------------|------------------|------------------|--------------------------------------|------------------|------------------|
|                  | Carbón activado de cascara<br>madura |                  |                  | Carbón activado de cascara<br>madura |                  |                  |
|                  | Repetició<br>n 1                     | Repetició<br>n 2 | Repetició<br>n 3 | Repetició<br>n 1                     | Repetició<br>n 2 | Repetició<br>n 3 |
| 0                | 0                                    | 0                | 0                | 0                                    | 0                | 0                |
| 20               | 97.725                               | 97.955           | 98.416           | 96.81                                | 98.4             | 95.95            |
| 40               | 96.85                                | 93.275           | 90.625           | 87.05                                | 84.775           | 96.875           |
| 60               | 80.5                                 | 78.333           | 80               | 73.666                               | 68.833           | 61               |

*Nota.* Con una concentración inicial de 60 mg/L de plomo resultó un promedio de 79.6% de remoción en función de carbón activado a base de la cáscara madura, así mismo, la remoción plomo en función de carbón activado a base de la cáscara verde fue de 67.81%. La más eficiente remoción fue con una concentración de 40 mg/L donde se obtuvo una reducción promedio de 93.6% a base de cáscara madura, y 89.6% utilizando carbón activado a base de cáscara verde.

**Figura 20**

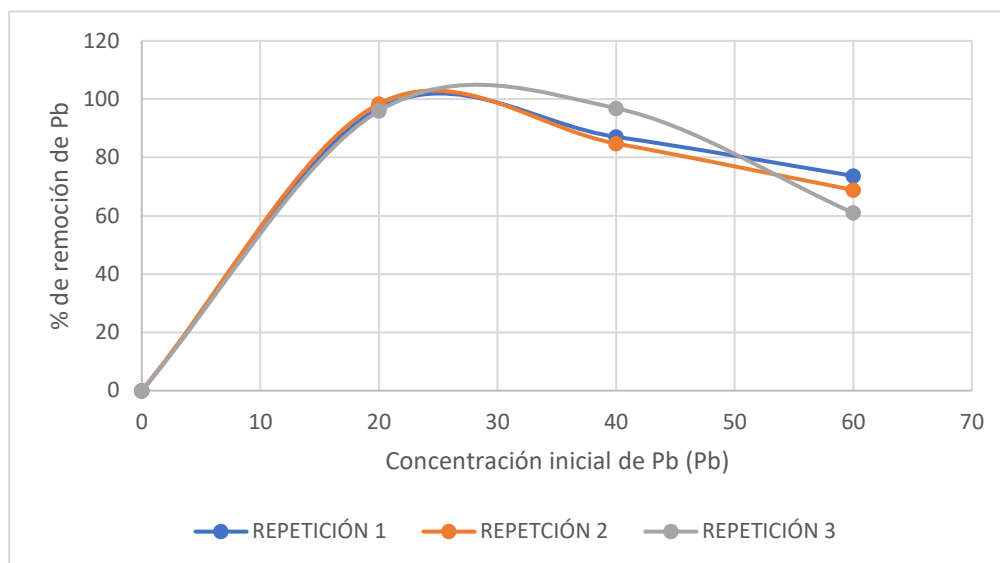
*Grafica del porcentaje de remoción de plomo con carbón activado de cascara madura con respecto a las concentraciones iniciales de plomo*



*Nota.* Determinando el anterior gráfico especifica que, en el eje x registra los datos de diferentes concentraciones iniciales de plomo, sin embargo, en el eje y se ingresa los datos del porcentaje de remoción, detallando las concentraciones utilizadas y el porcentaje promedio final, en cada concentración inicial se realizó 3 repeticiones, con 20 mg/L removi6 el 98.032% de plomo, con 40 mg/L se removi6 93.583% y con 60 mg/L result6 81.794%

**Figura 21**

*Grafica del porcentaje de remoción de plomo con carbón activado de cascara verde con respecto a las concentraciones iniciales de plomo*



*Nota.* Determinando el anterior gráfico especifica que, en el eje x registra los datos de diferentes concentraciones iniciales de plomo, sin embargo, en el eje y se ingresa los datos del porcentaje de remoción, detallando las concentraciones utilizadas y el porcentaje promedio final, en cada concentración inicial se realizó 3 repeticiones, con 20 mg/L removi6 el 97.053% de plomo, con 40 mg/L se removi6 89.566% y con 60 mg/L result6 67.833%

**Tabla 26**

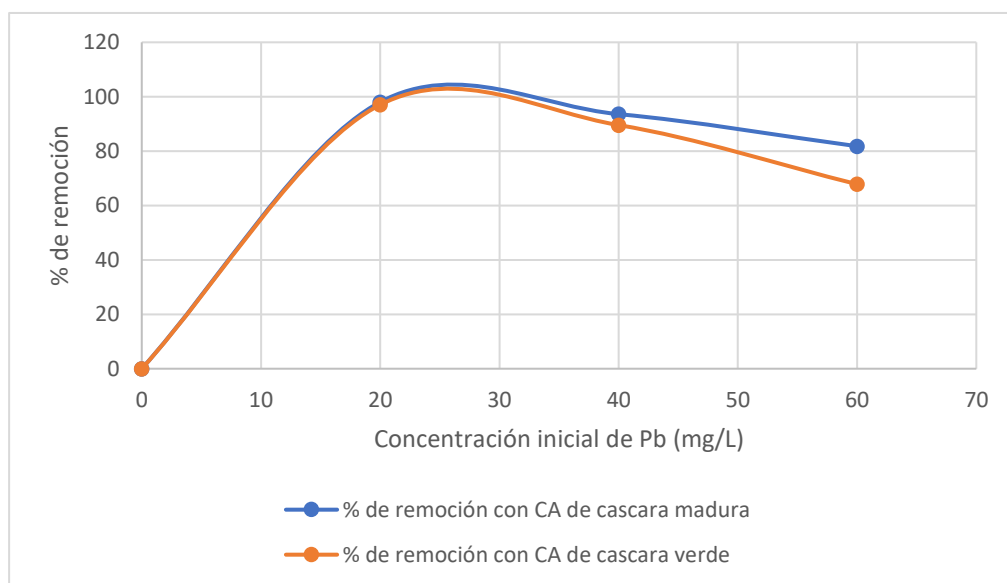
*Resultados del porcentaje de remoci6n promedio*

| Ci (mg/L) | % Porcentaje de remoci6n          |                                  |
|-----------|-----------------------------------|----------------------------------|
|           | Carb6n activado de cascara madura | Carb6n activado de cascara verde |
| 0         | 0                                 | 0                                |
| 20        | 98.032                            | 97.053                           |
| 40        | 93.583                            | 89.566                           |
| 60        | 81.794                            | 67.833                           |

*Nota.* La tabla anterior resumen las concentraciones iniciales de plomo utilizadas para consolidar el tratamiento con carb6n activado a base de c6scara madura y verde, por lo tanto, los datos registrados en los porcentajes de remoci6n fueron el promedio resultante del tratamiento

**Figura 22**

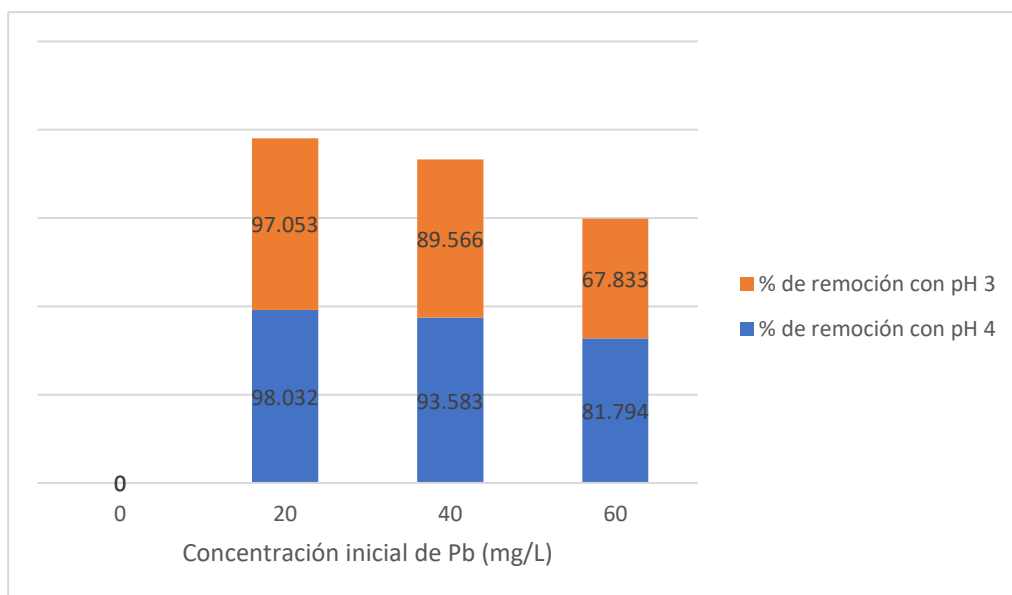
*Grafica de los resultados del porcentaje de remoción promedio*



**Nota.** En la gráfica inicialmente especifica la comparación de remoción de plomo con el carbón activado a base de cáscara madura y verde, sin embargo, la cáscara madura presentó una mejor remoción de plomo en todas las concentraciones utilizadas (20, 40 y 60 mg/L) resultando un promedio de 91.136%, mientras que la cáscara verde resultó 84.817%

**Figura 23**

*Grafica de los resultados del porcentaje de remoción promedio con respecto al Ph*



**Nota.** En la gráfica inicialmente especifica la comparación de remoción de plomo (Pb) con el carbón activado a base de cáscara madura y verde con dos rangos de pH utilizado (3 y 4), sin embargo, la cáscara madura con pH 4 presentó una mejor remoción de plomo en todas las concentraciones utilizadas (20, 40 y 60 mg/L) resultando un promedio de 91.136%, mientras que la cáscara verde con pH 3 resultó 84.817%

**Tabla 27***Estadística descriptiva del porcentaje de remoción de plomo con carbón activado de cascara verde*

| Descriptivos           |    |         |                  |             |                                |                 |        |        |
|------------------------|----|---------|------------------|-------------|--------------------------------|-----------------|--------|--------|
| % de remoción de plomo |    |         |                  |             |                                |                 |        |        |
| Concentración          |    |         |                  |             | 95% del intervalo de confianza |                 |        |        |
| inicial de             | N  | Media   | Desv. Desviación | Desv. Error | para la media                  |                 | Mínimo | Máximo |
| Pb(mg/L)               |    |         |                  |             | Límite inferior                | Límite superior |        |        |
| ,00                    | 3  | 0.0000  | 0.00000          | 0.00000     | 0.0000                         | 0.0000          | 0.00   | 0.00   |
| 20,00                  | 3  | 97.0533 | 1.24299          | 0.71764     | 93.9656                        | 100.1411        | 95.95  | 98.40  |
| 40,00                  | 3  | 89.5667 | 6.43061          | 3.71271     | 73.5922                        | 105.5412        | 84.78  | 96.88  |
| 60,00                  | 3  | 67.8333 | 6.39224          | 3.69056     | 51.9541                        | 83.7125         | 61.00  | 73.67  |
| Total                  | 12 | 63.6133 | 40.15463         | 11.59164    | 38.1003                        | 89.1264         | 0.00   | 98.40  |

**Tabla 28***Estadística descriptiva del porcentaje de remoción de plomo con carbón activad de cascara madura*

| Descriptivos           |    |         |                  |             |                                |                 |        |        |
|------------------------|----|---------|------------------|-------------|--------------------------------|-----------------|--------|--------|
| % de remoción de plomo |    |         |                  |             |                                |                 |        |        |
| Concentración          |    |         |                  |             | 95% del intervalo de confianza |                 |        |        |
| inicial de             |    |         |                  |             | para la media                  |                 |        |        |
| Pb (mg/                | N  | Media   | Desv. Desviación | Desv. Error | Límite inferior                | Límite superior | Mínimo | Máximo |
| ,00                    | 3  | 0.0000  | 0.00000          | 0.00000     | 0.0000                         | 0.0000          | 0.00   | 0.00   |
| 20,00                  | 3  | 98.0320 | 0.35188          | 0.20316     | 97.1579                        | 98.9061         | 97.73  | 98.42  |
| 40,00                  | 3  | 93.5833 | 3.12393          | 1.80360     | 85.8231                        | 101.3436        | 90.63  | 96.85  |
| 60,00                  | 3  | 81.7943 | 4.62723          | 2.67153     | 70.2997                        | 93.2890         | 78.33  | 87.05  |
| Total                  | 12 | 68.3524 | 41.74950         | 12.05204    | 41.8260                        | 94.8788         | 0.00   | 98.42  |



## 4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

### 4.2.1. HIPÓTESIS GENERAL

**H<sub>a</sub>:** El carbón activado de cáscara de limón (*Citrus limón*) tiene una efectividad en la adsorción de plomo en disolución acuosa a nivel laboratorio.

**H<sub>0</sub>:** El carbón activado de cáscara de limón (*Citrus limón*) no tiene una efectividad en la adsorción de plomo en disolución acuosa a nivel laboratorio.

#### **Toma de decisión:**

Ante las pruebas realizadas, sobre la proporción constante de carbón activado de cáscara de limón (*Citrus limón*) verde y maduro respectivamente, del filtro de concentración de plomo en disolución acuosa, el cual ha mostrado variaciones significativas en el porcentaje de remoción de plomo según los cambios progresivos de las concentraciones de plomo, se determina su efectividad, ente ello se acepta la hipótesis de investigación El carbón activado de cáscara de limón (*Citrus limón*) tiene una efectividad en la adsorción de plomo en disolución acuosa a nivel laboratorio.

### 4.2.2. HIPÓTESIS ESPECIFICA 1

**H<sub>a1</sub>:** El biofiltro de carbón activado de cáscara de limón (*Citrus limón*) verde tiene efecto significativo para la adsorción de plomo en disolución acuosa a nivel laboratorio.

**H<sub>01</sub>:** El biofiltro de carbón activado de cáscara de limón (*Citrus limón*) verde tiene efecto no significativo para la adsorción de plomo en disolución acuosa a nivel laboratorio.

**Prueba estadística:** ANOVA y prueba de Tukey

**Nivel de significancia:** 0.05

## Aplicación de la prueba estadística

**Tabla 29**

*ANOVA del porcentaje de remoción de plomo en carbón activado de cáscara de limón (Citrus limón) verde*

| ANOVA                      |                   |    |                  |         |       |
|----------------------------|-------------------|----|------------------|---------|-------|
| Porcentaje de Remoción (%) | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F       | Sig.  |
| Entre grupos               | 17568,820         | 3  | 5856,273         | 279,674 | 0,000 |
| Dentro de grupos           | 167,517           | 8  | 20,940           |         |       |
| Total                      | 17736,337         | 11 |                  |         |       |

*Nota.* De la tabla 29, prueba ANOVA, se puede evidencia una sig. igual a 0.000 menor a 0.05, el cual indica que existe una variación significativa promedio en el porcentaje de remoción de plomo de las cuatro pruebas de concentración de plomo.

**Tabla 30**

*Tukey del porcentaje de remoción de plomo (Pb) con carbón activado de cáscara de limón (Citrus limón) verde por subconjuntos*

| Porcentaje de Remoción (%)    |   |                              |         |         |
|-------------------------------|---|------------------------------|---------|---------|
| Concentración de plomo (mg/L) | N | Subconjunto para alfa = 0.05 |         |         |
|                               |   | 1                            | 2       | 3       |
| HSD Tukey <sup>a</sup>        |   |                              |         |         |
| ,00                           | 3 | 0,0000                       |         |         |
| 60,00                         | 3 |                              | 67,8333 |         |
| 40,00                         | 3 |                              |         | 89,5667 |
| 20,00                         | 3 |                              |         | 97,0533 |
| Sig.                          |   | 1,000                        | 1,000   | 0,263   |

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000

*Nota.* De la tabla 30, prueba de Tukey, se puede evidencia a nivel de sub conjuntos las variaciones de porcentaje de remoción de plomo por el carbón activado de cáscara de limón (Citrus limón) verde conforme se incremente la concentración de plomo. En el subconjunto 3, de la tabla, se muestra que los porcentajes de remoción de plomo esta ubicados en una misma columna, el cual indica que la variación de la remoción de plomo al pasar de la concentración de 20 mg/L a 40 mg/L no es significativa, y que al pasar de 40 mg/L al 60 mg/L si se evidencia una variación significativa, pero que va reduciendo el porcentaje de remoción conforme se aumente la concentración de plomo en la dosis de carbón activado de limón (Citrus limón) verde.

### Toma de decisión:

Ante la variación significativa que evidencia la prueba de ANOVA mediante el sig. que es igual a 0.000, se acepta la hipótesis alternativa El biofiltro de carbón activado de cáscara de limón (*Citrus limón*) verde tiene efecto significativo para la adsorción de plomo en disolución acuosa a nivel laboratorio

#### 4.2.3. HIPÓTESIS ESPECIFICA 2

**Ha2:** El biofiltro de carbón activado de cáscara de limón (*Citrus limón*) maduro tiene efecto significativo para la adsorción de plomo en disolución acuosa a nivel laboratorio.

**H02:** El biofiltro de carbón activado de cáscara de limón (*Citrus limón*) maduro tiene efecto no significativo para la adsorción de plomo en disolución acuosa a nivel laboratorio.

**Prueba estadística:** ANOVA y prueba de Tukey

**Nivel de significancia:** 0.05

**Aplicación de la prueba estadística**

**Tabla 31**

*ANOVA del porcentaje de remoción de plomo (Pb) con carbón activado de cáscara de limón (Citrus limón) maduro*

| ANOVA                      |                   |    |                  |         |       |
|----------------------------|-------------------|----|------------------|---------|-------|
| Porcentaje de Remoción (%) | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F       | Sig.  |
| Entre grupos               | 19110,644         | 3  | 6370,215         | 814,240 | 0,000 |
| Dentro de grupos           | 62,588            | 8  | 7,824            |         |       |
| Total                      | 19173,232         | 11 |                  |         |       |

*Nota.* De la tabla 31, prueba ANOVA, se puede evidencia una sig. igual a 0.000 menor a 0.05, el cual indica que existe una variación significativa promedio en el porcentaje de remoción de plomo de las cuatro pruebas de concentración de plomo.

**Tabla 32**

*Tukey del porcentaje de remoción de plomo (Pb) con carbón activado de cáscara de limón (Citrus limón) maduro por subconjuntos*

| Porcentaje de Remoción (%)    |       |                              |         |         |
|-------------------------------|-------|------------------------------|---------|---------|
| Concentración de plomo (mg/L) | N     | Subconjunto para alfa = 0.05 |         |         |
|                               |       | 1                            | 2       | 3       |
| HSD Tukey <sup>a</sup>        | ,00   | 3                            | 0,0000  |         |
|                               | 60,00 | 3                            | 81,7943 |         |
|                               | 40,00 | 3                            |         | 93,5833 |
|                               | 20,00 | 3                            |         | 98,0320 |
|                               | Sig.  | 1,000                        | 1,000   | 0,282   |

Las medias para los grupos se despliegan en los subconjuntos uniformes.

a. Emplea la muestra que refleja la media armónica de 3,000.

**Nota.** De la tabla 32, prueba de Tukey, se puede evidencia a nivel de sub conjuntos las variaciones de porcentaje de remoción de plomo por el carbón activado de cáscara de limón (Citrus limón) maduro conforme se incrementa la concentración de plomo. En el subconjunto 3, de la tabla, se muestra que los porcentajes de remoción de plomo esta ubicados en una misma columna, el cual indica que la variación de la remoción de plomo al pasar de la concentración de 20 mg/L a 40 mg/L no es significativa, y que al pasar de 40 mg/L al 60 mg/L si se evidencia una variación significativa, pero que va reduciendo el porcentaje de remoción conforme se aumente la concentración de plomo en la dosis de carbón activado de limón (*Citrus limón*) maduro.

### **Toma de decisión:**

Ante la variación significativa que evidencia la prueba de ANOVA mediante el sig. que es igual a 0.000, se acepta la hipótesis alternativa El biofiltro de carbón activado de cáscara de limón (*Citrus limón*) maduro tiene efecto significativo para la adsorción de plomo en disolución acuosa a nivel laboratorio

#### **4.2.4. HIPÓTESIS ESPECIFICA 3**

**Ha<sub>3</sub>:** Habrá concentraciones de plomo en disolución acuosa que será removida con mayor efectividad en la adsorción con carbón activado de cáscara de limón (*Citrus limón*).

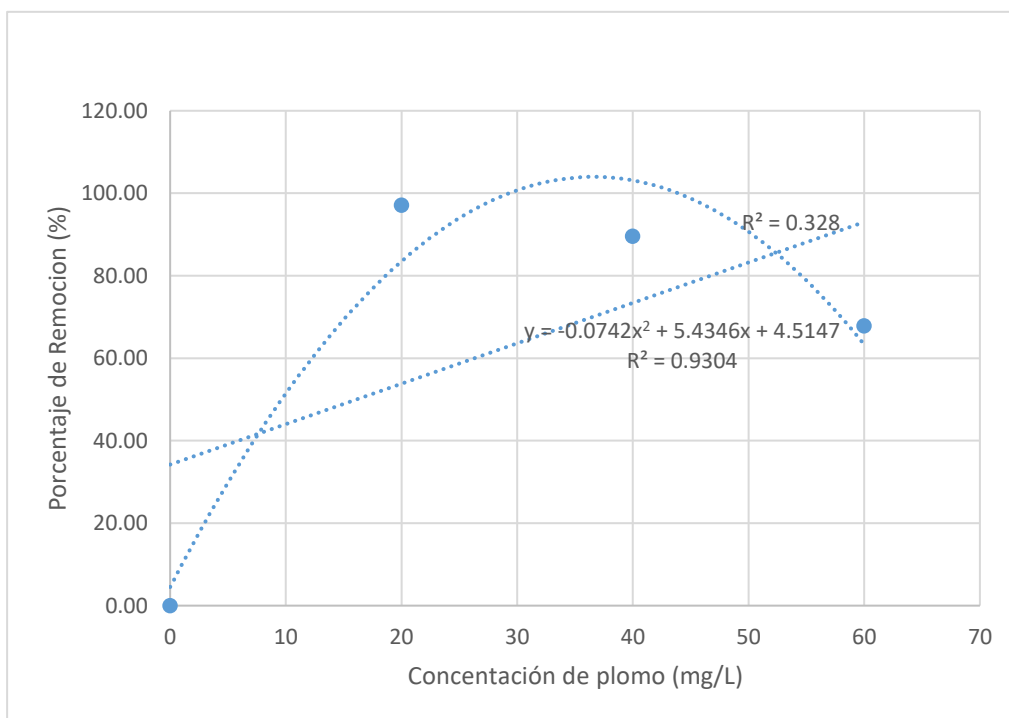
**H0<sub>3</sub>:** Habrá concentración de plomo en disolución acuosa que no serán removidas con mayor efectividad en la adsorción con carbón activado de cáscara de limón (*Citrus limón*).

### Prueba estadística: Regresión Lineal, tendencia polinomial y lineal

En la figura 24, se puede observar cómo se comporta el porcentaje de eliminación de plomo. Conforme a la aplicación de las cuatro concentraciones progresivas de plomo sobre una proporción constante de carbón activado, se ajusta mejor a una ecuación polinomial con un R igual a 0.9304, que una lineal con un R igual a 0.328. Según la figura, de las cuatro pruebas de concentración de plomo, se evidencia que a una concentración del 20mg, la proporción de carbón contribuye en una remoción del 97.05% de plomo, siendo este la concentración más efectiva sobre una la proporción constante de carbón utilizado; y conforme se aumente la concentración de plomo en la solución, la muestra de carbón activado remueve menos proporción de plomo.

**Figura 24**

*Tendencia polinomial de los porcentajes de remoción de plomo en carbón activado de cáscara de limón (Citrus limón) verde*

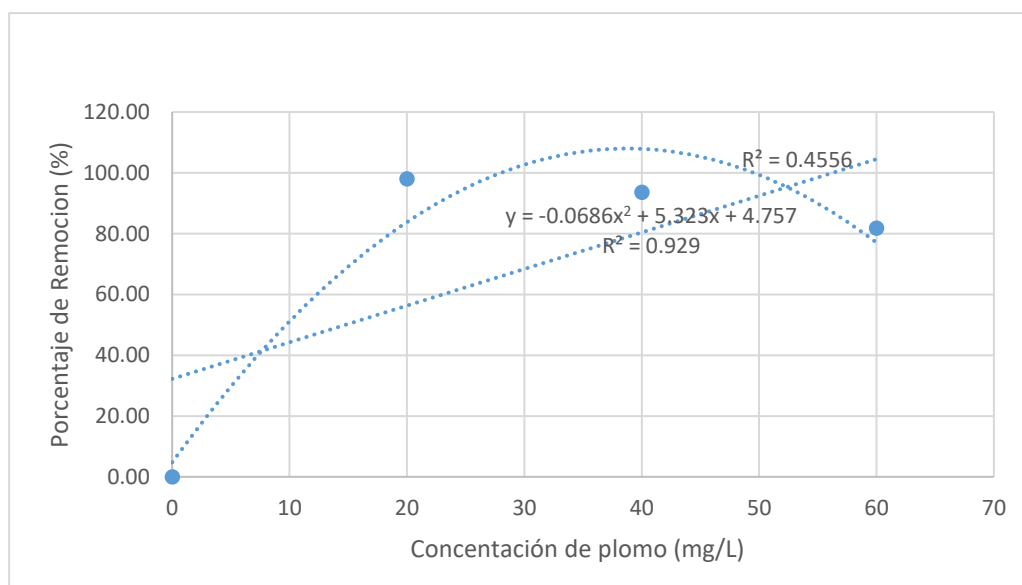


En la siguiente diagrama o figura 25 se observa que el comportamiento de la cantidad de remoción de plomo, conforme a la aplicación de las cuatro concentraciones progresivas de plomo sobre una proporción constante de carbón activado, se ajusta mejor a una

ecuación polinomial con un R igual a 0.929, que una lineal con un R igual a 0.455. Según la figura, de las cuatro pruebas de concentración de plomo, se evidencia que a una concentración del 20mg, la proporción de carbon contribuye en una remoción del 98.03% de plomo, siendo este la concentración más efectiva sobre una la proporción constante de carbón utilizado; y conforme se aumente la concentración de plomo en la solución, la muestra de carbón activado remueve menos proporción de plomo.

**Figura 25**

*Tendencia polinomial de los porcentajes de remoción de plomo en carbón activado de cáscara de limón (Citrus limón) maduro*



### Toma de decisión:

De las figuras precedentes se determina que la proporción utilizada de carbón activado, tanto de cáscara de limón (*Citrus limón*) verde y maduro, remueve una proporción alta de plomo cuando se filtre solución con concentración de 20mg/L. ante ello hay argumentos para aceptar la hipótesis alternativa Habrá una concentración de plomo en disolución acuosa que será removida con mayor efectividad en la adsorción con carbón activado de cáscara de limón (*Citrus limón*)

## CAPÍTULO V

### DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Respecto al propósito global: Evaluar la efectividad de un biofiltro de carbón activado enriquecido con la cascara de limón (*Citrus limón*) en la adsorción de plomo en disolución acuosa a nivel laboratorio. Se obtuvo el análisis de los resultados enviados por el laboratorio acreditado, sin embargo, la elaboración de carbón activado proviene en base a la cáscara madura y verde que pertenece a la especie *Citrus limón*, lo cual para determinar la efectividad del filtro de carbón activado se evaluó el Rendimiento de las características del carbón activado, tales como su humedad, escasez de cenizas, alto cantidad de material volátil y carbono fijo, cuando se empleó una concentración inicial de 0, 20, 40 y 60 mg/L de plomo, obteniendo un porcentaje promedio en la remoción de plomo de 87.62% resultado de ambas cáscaras (madura y verde), también se utilizó una razón de impregnación de 1.5 horas y considerando dos rangos de pH: 3 en cáscara verde como 4 en cáscara madura en la disolución acuosa. Posterior a ello, respecto al autor Ruiz (2018), en su disertación acerca de: A través de la extracción de carbón activado de la cascara de naranja (*Citrus sinensis* L. Obseck) y su uso como adsorbente de plomo (II) en agua, se revela que la eliminación de este metal resulta efectiva con concentraciones iniciales de 1,10 y 100 mg/L fue óptimo, registrando el porcentaje más alto de adsorción en un 98.80%, utilizando 2 horas como razón de impregnación además de utilizar dos rangos de pH 3 y 4 para la solución acuosa. La convergencia con el autor Ruiz (2018) fue utilizar una materia orgánica cítrica (naranja) de especie *Citrus sinensis* L. Obseck y también el tratamiento de agua contaminada por plomo (Pb). Lo que se difiere con el autor es respecto a los resultados, debido a la óptima remoción de plomo en donde utilizó concentraciones iniciales más altas, considerando rangos de pH 3 - 5 y más razones de impregnación 0.5 – 1 – 2, concluyendo que el rango mayor de pH y aumento de razones de impregnación mejoró el promedio en remoción de plomo de las aguas contaminadas. Sin embargo, respecto a los autores Salas y Sarcco (2017) En su tesis nos dice que el adelgazamiento de plomo (II) y hierro (II) a través de la bioadsorción con la

cáscara de naranja (*Citrus x sinensis*) en desechos líquidos del laboratorio químico de Southern Perú. Southern Perú resalta la investigación de adsorción para eliminar metales pesados de sus efluentes, donde la pectina, con un 10.98%, se convirtió en el objetivo primordial del procedimiento, evaluando el pH en un rango de 5, con una partícula de 0.8 milímetros. No obstante, la eliminación del plomo alcanzó un 86.49%. En comparación con la investigación, se usó la cáscara de un fruto cítrico para absorber el metal pesado (Pb), de ese modo, el uso del limón (*Citrus limón*) fue determinado en dos fases (verde y madura) cuyo análisis de sus características fue la humedad, contenido de ceniza, contenido de material volátil y carbono fijo, para así proceder a la elaboración de carbón activado. Concluyendo, los resultados de eliminación de plomo y hierro fueron favorables, aunque el autor destaca que el pH ideal es de 5.0 para muestras artificiales y 6.0 para muestras auténticas. Además, la partícula del adsorbente alcanzó una magnitud de 0.8 milímetros, lo que podría ser una herramienta formidable para purificar aguas residuales y efluentes de laboratorio contaminados con metales pesados.



## CONCLUSIONES

- Se demostró que la efectividad del biofiltro de carbón activado a base de cáscara de limón (*Citrus limón*) presenta un alto contenido de adsorción para plomo, debido al buen rendimiento de las propiedades que posee el carbón activado, como un bajo contenido de cenizas, elevado contenido de material volátil y carbono fijo, sin embargo, el proceso se debe a que los iones de plomo en disolución acuosa se adhieren en las superficies del carbón activado que fueron removidos del agua contaminada por este metal, lo cual se ve en el alto porcentaje de remoción obtenido de la adsorción.
- La capacidad de adsorción de plomo con el biofiltro de carbón a base de cáscara de limón (*Citrus limón*) en fase madura es efectiva en disolución acuosa, que en consideración se evaluó las características de la cáscara y el carbón activado, como humedad, contenido de material volátil, contenido de ceniza y carbono fijo, resaltando que las características mencionadas como también el pH con un valor de 4 influyen asegurando el cumplimiento de una adsorción efectiva de plomo en aguas contaminadas, lo cual se registró una concentración inicial de plomo de 20mg/L obteniendo una concentración final promedio de 0.394 mg/L, también como muestra inicial se utilizó 40 mg/L posteriormente bajo el tratamiento esto reduce en promedio a 2.56 mg/L, y finalmente se utilizó una concentración inicial de plomo de 60 mg/L donde luego de ser tratada por el biofiltro reduce en un promedio de 12.2 mg/l, obteniendo un porcentaje de remoción con un valor promedio de 90.37% en las 3 diferentes concentraciones iniciales utilizadas de plomo (20, 40 y 60 mg/L).
- Con respecto al biofiltro de carbón activado a base de cascara de limón (*Citrus limón*) en fase verde utilizada para la adsorción de plomo en disolución acuosa, es efectiva, pero no destaca sustancialmente como en fase madura, sin embargo, también se evaluó las características de la cáscara y el carbón activado, como humedad, contenido de material volátil, contenido de ceniza y carbono fijo. El contenido de pH registra un valor de 3 influyendo en la adsorción de plomo en aguas contaminadas simulada

en laboratorio. La diferencia se debe a que el porcentaje promedio de reducción fue de 84.5% en las 3 diferentes concentraciones iniciales utilizadas de plomo (20, 40 y 60 mg/L). Posterior a ello, la concentración inicial de 20 mg/L en plomo, reduce en un promedio de 0.589 mg/L, al utilizar una concentración inicial de plomo de 40 mg/L con el tratamiento resulta un promedio de reducción de 11.6 mg/L, y finalmente se utilizó una concentración inicial de plomo de 60 mg/L donde luego de ser tratada por el biofiltro reduce en un promedio de 19.09 mg/l.

- El procedimiento para verificar la mayor efectividad de adsorción con carbón activado a base de cáscara de limón, fue realizar 3 repeticiones y verificar en ambos tipos de cáscara (madura y verde), además de utilizar 3 concentraciones de plomo (20, 40 y 60 mg/L) concluyendo que, la efectividad de carbón activado con cáscara madura fue la mejor para el tratamiento de agua contaminada con plomo, considerando que removió en promedio 90.36% utilizando las 3 concentraciones, pero la concentración de plomo en disolución acuosa que fue removida con mayor efectividad en la adsorción con carbón activado a base de cáscara de limón madura fue con una concentración de 20 mg/L de plomo obteniendo un promedio de reducción de 0.394 mg/L.

## RECOMENDACIONES

- Se sugiere trabajar con más pruebas adicionales a nivel laboratorio, utilizando diferentes concentraciones de plomo y adicionando a la vez diferentes concentraciones de carbón activado, con la finalidad de obtener más probabilidades de estudio, datos con exactitud y experimentos con mayor eficiencia.
- Es considerable que se utilice diferentes niveles de pH, principalmente porque influye en el proceso de adsorción, además de utilizar un rango de pH distinto para diferenciar el porcentaje de adsorción.
- Realizar un estudio identificando diferentes tiempos de impregnación, porque al momento de impregnar el carbón activado en el agua contaminada con plomo, influye el tiempo de impregnación para ofrecer un mejor resultado.
- Realizar investigaciones con carbón activado a partir de la cascara de limón, con el propósito de atraparse en aguas contaminadas con compuestos de gran peso molecular, tales como tintes, gasolina, aminas, kerosene y aceite, entre otros. Asimismo, se incluyen elementos inorgánicos como mercurio, cobalto, arsénico, cromo, antimonio y otros.
- Ejecutar estudios similares con carbón activado granulado, principalmente porque el funcionamiento de los gránulos de carbón activado implica complejos procesos químicos y físicos, y su mecanismo de adsorción es de dos categorías (física y química), además de desempeñar un papel fundamental en muchas ramas, como tratamiento de agua, purificación de aire y producción química
- Realizar un estudio de fabricar carbón activado a partir de diversas materias primas orgánicas, como cáscaras de frutas, carbón, madera u otros, mediante un tratamiento de carbonización y activación a altas temperaturas.

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

AGUA org. (08 de noviembre del 2007). *Contaminación del agua por metales*.  
<https://agua.org.mx/biblioteca/contaminacion-del-agua-por-metales/>

Aguilar Salas, M.B y Flores Rodriguez, C.P(2018) *Evaluación de la cáscara de naranja (citrus cinensis) como material adsorbente natural de ion metálico cu(ii)*. [ Para obtener el Título Profesional de Ingenieras Químicas, Universidad Nacional de San Agustín].  
<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/7105/IQagsamb.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Aguilar, A., Gorokhovsky, V., Elguezabal, A., Escalante, J. (2009). Remoción de Plomo de soluciones Acuosas por Titanato de Potasio Dopado con Silice. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 25(3), 125-132 <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=37012012001>

Aguirre Achaquihui, N.Y. (2017). Adsorción de metales pesados (pb y as) con carbón activado a partir de semillas de eucalipto (eucalyptus globulus). [Tesis para optar título profesional de ingeniero químico, Universidad Nacional de Altiplano].[http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/7397/Aguirre\\_Achaquihui\\_Nathali\\_Yola.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/7397/Aguirre_Achaquihui_Nathali_Yola.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Aquino Jara, R. (2018). Estudio de residuos orgánicos para la biorremediación de aguas residuales de minería. [Tesis para obtener el grado de maestro en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. Mención en Gestión Ambiental, Universidad Nacional Hermilio Valdizan].  
<https://hdl.handle.net/20.500.13080/8495>

Alami, S. (2010). *Aprovechamiento del Hueso de la Aceituna, Biosorción de Iones metálicos*. [Tesis para optar el título de nutrición, Universidad de Granada] <https://digibug.ugr.es/handle/10481/6621>

Albert, L. (2011). *Contaminación, orígenes, clases, fuentes y efectos*.  
<http://dsp.facmed.unam.mx/wp->

content/uploads/2016/01/Contaminacion-ambiental-origen-clases-fuentes-y-efectos.pdf

APAZA ASQUI, D. W. (2015). *Remoción de metales plomo (pb) y zinc (zn) de las aguas del rio T'oro q'ocha por precipitación alcalina en la ciudad de Juliaca* [Tesis para obtener el título de ingeniero químico, Universidad Nacional de Altiplano] [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/1774/Apaza\\_Asqui\\_Derly\\_Willer.pdf?sequence=1](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/1774/Apaza_Asqui_Derly_Willer.pdf?sequence=1)

Asimbaya, C., Rosas, N., Endara. D., Guerrero V.H. (2015). Obtención de Carbón Activado a partir de Residuos Lignocelulósicos de Canelo, Laurel y Eucalipto. *Revista Politécnica*. [https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista\\_politecnica2/article/view/537](https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/537)

ASTM D3173 - 03. (s.f.). Standard Test Method for Moisture in the Analysis Sample of Coal and Coke. [https://www.kelid1.ir/FilesUp/ASTM\\_STANDARS\\_971222/D3173.pdf](https://www.kelid1.ir/FilesUp/ASTM_STANDARS_971222/D3173.pdf)

ASTM D3174 - 02. (s.f.). Standard Test Method for Ash in the Analysis Sample of Coal and Coke from Coal. <file:///D:/Downloads/StandardTestMethodforashinanalysissamplecoalandcokefromcoal.pdf>

ASTM D3175 - 02. (s.f.). Standard Test Method for Volatile Matter in the Analysis Sample of Coal and Coke. [https://www.kelid1.ir/FilesUp/ASTM\\_STANDARS\\_971222/D3175.pdf](https://www.kelid1.ir/FilesUp/ASTM_STANDARS_971222/D3175.pdf)

Atkins, P. W. (1991). *Fisicoquímica*. [Archivo[https://www.academia.edu/22818560/Fisicoquimica\\_6ta\\_Edicion\\_Peter\\_William\\_Atkins](https://www.academia.edu/22818560/Fisicoquimica_6ta_Edicion_Peter_William_Atkins) PDF]

Autoridad Nacional del Agua (2015). *Evaluación de Recursos Hídricos en la Cuenca de Huallaga*. [https://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/19/ANA000049\\_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/19/ANA000049_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Bermejo Campos, D.F. (2016). *Remoción de plomo y cadmio presente en aguas residuales mineras mediante biosorción en columnas con bagazo de caña y cáscara de cacao*. [Trabajo de titulación previo a la obtención del título de ingeniero ambiental, Universidad de Cuenca, Ecuador]. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/25710>
- Bonilla Mancilla, H.D., Tejada Tovar, C. y Del Pino Moreyra, J. (2017). Obtención de isothermas de adsorción del plomo (ii) del efluente minero río Anticona-Cerro de Pasco utilizando el carbón activado de cáscara de naranja. [Archivo PDF]. <https://doi.org/10.33326/26176033.2017.21.727>
- Cabrera Andrade, L.F., Arévalo Moscoso, P.W (2017). *Bioadsorción de iones de plomo y cromo procedentes de aguas residuales utilizando la cascara de tomate de árbol (Solanum Betaceum)*. [trabajo de titulación previo a la obtención del título de ingeniero ambiental, Universidad Politecnica Salesiana, Ecuador]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14460/1/UPS-CT007124.pdf>
- Castillo Arroyo, M.E. (2005). *Proyecto de factibilidad para la producción y comercialización del limón, en el municipio de el jícaro, departamento del progreso*. [Tesis para conferírsele el título de ingeniero industrial, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala].[http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_1452\\_IN.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1452_IN.pdf)
- Colina Mendoza, E. J. (2012) *Remoción de Pb(II) de Soluciones Mediante Carbón Activado. Bogota* [Tesis para optar el título magister en Ciencias Químicas, Universidad Nacional de Colombia] <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/9347/197380.2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Colina Villasante, J. (2000). *Tipos de contaminación, sus fuentes y efectos en el estuario de Santoña*. Revista anónima, 1(5), 211-224 <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=206316>

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 optar el título Profesional de ingeniero ambiental, Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/3392/TESIS%20BIOSORCIC3%93N%20-%20UNIVERSIDAD%20NACIONAL%20DE%20CAJAMARCA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

De Andrade, M. (2015) *Definición de limón*. <https://www.definicionabc.com/general/limon.php>

Estacion experimental La Palma. (2021). *Citrus macrophylla*. <http://eelapalma.pucv.cl/web/?portfolio=eureka-frost>

Fernández Cirelli, A. (2012) *El agua: un recurso esencial Química Viva*, vol. 11, núm. 3, p. 147-170, Universidad de Buenos Aires Buenos Aires, Argentina. <https://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf>

Ferrer, A. (2003). *Intoxicación por metales*. Revista Anales Sistema Sanitario de Navarra, 26(1), 141-151

Fluence (2021). *¿Qué es la Filtración con Carbón Activado?* <https://www.fluencecorp.com/es/que-es-la-filtracion-con-carbon-activado/>

Garcés Giraldo, L.F. (2012). *Cítricos: cultivo, poscosecha e industrialización*. Universidad de Antioquia, Colombia. <http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/452/1/citricos.pdf>

Geankoplis, C. (2006). *Procesos de transporte y operaciones unitarias*. [ArchivoPDF] <https://fenomenosdetransporte.files.wordpress.com/2008/05/geankopolis.pdf>

Gonzales, H., Teruya, R. (agosto 2004). Estudio preliminar de carbón activado; situación en el Perú.

[http://www.academia.edu/8071614/Carb%C3%B3n\\_Activado.\\_Estudio\\_Preliminar\\_situaci%C3%B3n\\_en\\_el\\_Per%C3%BA](http://www.academia.edu/8071614/Carb%C3%B3n_Activado._Estudio_Preliminar_situaci%C3%B3n_en_el_Per%C3%BA)

Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la investigación*. sexta edición. <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

Herrera Velásquez, W.A. y Rey Calderón, A.Z. (2018). *Implementación de biofiltro como agente depurador de aguas residuales del conjunto Aranjuez ii, en el municipio de Villavicencio meta*. [Seminario de profundización y ordenamiento territorial, Universidad cooperativa de Colombia]. [https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/4174/1/2018\\_implementacion\\_biofiltro\\_agente.pdf](https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/4174/1/2018_implementacion_biofiltro_agente.pdf)

IQR Ingeniería química (2020). *Proceso de fabricación del carbón activado*. <https://www.ingenieriaquimicareviews.com/2020/05/carbon-activado.html>

Lankford, P. y Eckenfelder, W. (1992). *Toxicity Reduction in Industrial Effluents*. [Archivo PDF]. <https://ur.booksc.org/book/57726620/c412d2>

Larios Durán, R. E. (2011). *Estudio de procesos de adsorción sobre electrodos mediante técnicas de modulació*. [Tesis para obtener el grado de Doctorado en electroquímica, Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica] <https://cideteq.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1021/183/1/Estudio%20de%20procesos%20de%20adsorci%C3%B3n%20sobre%20electrodos%20mediante%20t%C3%A9cnicas%20de%20modulaci%C3%B3n..pdf>

Luna, D., González A., Gordonía, M. y Nancy Martín, N. (16 de febrero de 2007). *Obtención de carbón activado a partir de la cáscara de coco*. [http://www2.izt.uam.mx/newpage/contactos/anterior/n64ne/carbon\\_v2.pdf](http://www2.izt.uam.mx/newpage/contactos/anterior/n64ne/carbon_v2.pdf)

Maron, S. H. y Prutton, C. F. (1990) *Fundamentos de Fisioquímica* [Archivo



PDF][https://www.academia.edu/31586378/Fundamentos\\_fisicoquimica\\_maron\\_y\\_prutton](https://www.academia.edu/31586378/Fundamentos_fisicoquimica_maron_y_prutton)

Martín Martínez, J. M. (1990) Adsorción física de gases y vapores por carbones. Universidad de Alicante.

McBain, J. W.; Phil. (1909) *Adsorption phenomena and gibbs' equation*, Explorer JSTOR

Metcalf y Eddy (1991). Adsorción con carbón activado. <https://www.lenntech.es/adsorcion-carbon-activado.htm#:~:text=Adsorci%C3%B3n%20con%20carb%C3%B3n%20activo,1500%20m%202%20%2Fg>.

Mijail, A. (2011). Manual de carbón activo 1. <http://www.elaguapotable.com/Manual%20del%20carb%C3%B3n%20activo.pdf>

Ministerio de agricultura (MIDAGRI)(s.f). *Cítricos, un campo fértil para sus inversiones*. <https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/herramientas/organizaciones/dgca/citricos.pdf>

Nava Ruíz, C. y Méndez Armenta, M. (2011) *Efectos neurotóxicos de metales pesados (cadmio, plomo, arsénico y talio)*. Arch Neurocien. 2011;16(3):140-147. <https://www.medigraphic.com/pdfs/arcneu/ane-2011/ane113f.pdf>

Navarro. y Vargas, C. (2010) Efectos de las propiedades físicas del carbón activado en la adsorción de oro desde medio cianuro. *Revista metalúrgica*, Chile. <http://revistademetalurgia.revistas.csic.es/index.php/revistademetalurgia/article/view/826/838>

Olivera Hurtado, Y.L. (2017). *Comparación de las cáscaras de dos variedades de naranja citrus cinensis en la remoción del plomo (pb) en aguas contaminadas a nivel laboratorio sjl-2017*. [Tesis para obtener el título

profesional de ingeniero ambiental, Universidad Cesar Vallejo].  
[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/21689/Olivera\\_HY.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/21689/Olivera_HY.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Organización Mundial de la Salud (23 de agosto de 2019). Intoxicación por plomo y salud. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>

Padrón, P., Rodríguez, C., Gómez, A., García, A. y González, L. (2013). el carbón activado, un material adsorbente. <http://monografias.umcc.cu/monos/2013/Facultad%20de%20Ingenierias/mo13253.pdf>

Pérez Díaz, K. D. (2021). Coronta de maíz carbonizada hidrotermalmente como alternativa para adsorber cobre, cadmio y plomo en disolución. [Tesis para optar el título de Química Ambiental, Universidad de Chile]. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/183870>

Porras Sequeiros, G. y Martines Suarez, C.F. (2019). *Adsorción del plomo mediante carbón activo de coronta de maíz de aguas contaminadas con relaves mineros*. [Tesis para aspirar al título de Profesional de Ingeniero Ambiental, Universidad Peruana Unión]. [https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/UPEU/2715/Franco\\_Tesis\\_Licenciatura\\_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/UPEU/2715/Franco_Tesis_Licenciatura_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Quiroz Valle, A.E. (2009). *Utilización de residuos de cáscara de naranja para la preparación de un desengrasante doméstico e industrial*. [Trabajo de fin de carrera previo a la obtención del Título de Ingeniera Ambiental, Universidad Internacional SEK, Ecuador]. <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/407/1/Utilizaci%C3%B3n%20de%20residuos%20de%20c%C3%A1scara%20de%20naranja%20para%20la%20preparaci%C3%B3n%20de%20un%20desengrasante%20dom%C3%A9stico%20e%20industrial>

Ramos, E. (16 de mayo 2019). *¿Cuántas hectáreas destinan las regiones a la producción de cítricos en el país?* <https://agraria.pe/noticias/cuantas->

hectareas-destinan-las-regiones-a-la-  
18991#:~:text=Lima%3A%20llega%20a%20un%20total,naranjas%20y  
%20808%20para%20mandarinas.

Resendiz Orta, C. B. (2015). Adsorción de plomo (ii) en un adsorbente irradiado con rayos gamma. [Tesis para obtener el título de ingeniero químico, Universidad Autónoma del Estado de México] <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/79931/2015%20belen%20tesis%20LICENCIATURA%2020mar15.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Reyes Navarrete, M. G., Alvarado De La Peña, A. I., Antuna, D. M., García Vargas, A., González Valdez, L. S., & Vázquez Alarcón, E. D. C. (2012). Metales pesados: importancia y análisis. Recuperado de <http://www.repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/8815>.

Romero Perez, J. A. (2017). *La pepa de aceituna y la biosorción en efluentes mineros con alta concentración de plomo y zinc en la U.E.A, Heraldos Negros -Acobambilla - Huancavelica 2017*. [Tesis para optar título profesional de ingeniero ambiental, Universidad Cesar Vallejo]. [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/24491/Romero\\_PJA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/24491/Romero_PJA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Rosales Fernández, D.J. y Quevedo Sánchez, A.G. (2019), *Adsorción con carbón activado obtenido de la semilla de aguaje para la remoción de plomo y cromo en aguas contaminadas*, [Tesis para obtener el título profesional de ingeniero ambiental y recursos naturales, Universidad Nacional del Callao]. <http://209.45.55.171/bitstream/handle/UNAC/5114/ROSALES%20FERNANDEZ%20-QUEVEDO%20SANCHEZ%20FIARN%202019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ruiz Menendez, P.A. (2018), *Obtención de carbón activado a partir de cáscara de naranja (citrus sinensis l. obseck) y su aplicación como adsorbente de plomo (ii) en disolución acuosa*, [Tesis para optar el título de

ingeniero ambiental, Universidad Nacional Agraria la Molina].  
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/4043/ruiz-menendez-amparo-patricia.pdf?sequence=1&isAllowed=nhttps://revistas.unjbg.edu.pe/index.php/cyd/article/view/727/740>

Russell, D. (2012). *Tratamiento de Aguas Residuales* [Archivo PDF]  
[https://www.academia.edu/3695214/TRATAMIENTO\\_DE\\_AGUAS\\_RESIDUALES\\_ENFOQUE\\_PRACTICO](https://www.academia.edu/3695214/TRATAMIENTO_DE_AGUAS_RESIDUALES_ENFOQUE_PRACTICO)

Smith, J. M. (1999) *Ingeniería de la cinética química* [Archivo PDF]  
[https://www.academia.edu/31609531/Ingenieria\\_de\\_la\\_cinetica\\_quimica\\_J\\_M\\_SMITH](https://www.academia.edu/31609531/Ingenieria_de_la_cinetica_quimica_J_M_SMITH)

Supo Zacarias (2020). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA y: Para las Ciencias de la Salud y las Ciencias Sociales* (SpanishEdition). <https://www.amazon.com/-/es/Dr-Jos%C3%A9-Supo/dp/B08BWFKWLB>

Stanley (2007). Metales pesados.  
<https://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/6978/02INTRODUCCION.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Tejada Tovar, C., Herrera, A., y Núñez Zarur, J. (2016). Remoción de plomo por biomasa residual de cáscara de naranja (*Citrus sinensis*) y zuro de maíz (*Zea mays*). *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*. <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v19n1/v19n1a20.pdf>

Tubert, I. y Talanquer, V. (1997). Todo sobre adsorción.  
<http://revistas.unam.mx/index.php/req/article/view/66595/58495>

Unidad de Ecotecnologías de la Universidad Nacional Autónoma de México (2021). *Biofiltros*. <https://ecotec.unam.mx/ecoteca/biofiltro>

Vidal Méndez, G. L. (2022). Elaboración de carbón activado a partir del hueso de nogal (*Juglans neotropica*) para su aplicación en el tratamiento de soluciones acuosas de colorantes de una fábrica de jeans. [Trabajo de

titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Químico,  
Universidad de Cuenca -Ecuador].  
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/37713>

### **COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

Jacinto Bonifacio, E. (2025). *Efectividad del biofiltro de carbón activado de cáscara de limón (Citrus Limón) para la adsorción de plomo en disolución acuosa a nivel laboratorio* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

## **ANEXOS**

## ANEXO 1

### MATRIZ DE CONSISTENCIA

| Problema general  | Objetivo general   | Hipótesis   | Variables/indicadores   | Metodología  |
|---|--|---|---|--|
| ¿Cuál es la efectividad del biofiltro de carbón activado de cáscara de limón ( <i>Citrus limón</i> ) para la adsorción de plomo en disolución acuosa a nivel laboratorio?   | Determinar la efectividad de un biofiltro de carbón activado a base de cascara de limón ( <i>Citrus limón</i> ) en la adsorción de plomo en disolución acuosa a nivel laboratorio.   | <b>Hipótesis General</b><br>El carbón activado de cáscara de limón ( <i>Citrus limón</i> ) tiene efecto un efecto favorable para la adsorción de plomo en disolución acuosa a nivel laboratorio   | <b>Variable independiente</b><br>Biofiltro de carbón activado   | <b>Tipo de investigación:</b> Aplicada<br><b>Enfoque:</b> Cuantitativo<br><b>Alcance o nivel:</b> Explicativo<br><b>Población:</b> Solución acuosa formada por plomo y agua destilada<br><b>Muestra:</b> 12 litros de solución de plomo<br><b>Técnicas e instrumentos para la recolección de datos:</b>  |
| Problema específico   | Objetivo específico  | Hipótesis específico  | Indicadores   |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>¿Cuál es la efectividad del biofiltro de carbón activado de cáscara de limón (<i>Citrus limón</i>) verde para la adsorción de plomo en disolución acuosa a nivel laboratorio?</li> <li>¿Cuál es la efectividad del biofiltro de carbón activado de cáscara de limón (<i>Citrus limón</i>) maduro para la adsorción de plomo en disolución acuosa a nivel laboratorio?</li> <li>¿Cuál es la concentración de plomo en disolución acuosa que será removida con mayor efectividad en la adsorción con carbón</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>¿Cuál es la efectividad del biofiltro de carbón activado de cáscara de limón (<i>Citrus limón</i>) verde para la adsorción de plomo en disolución acuosa a nivel laboratorio?</li> <li>¿Cuál es la efectividad del biofiltro con carbón activado de cáscara de limón (<i>Citrus limón</i>) maduro para la adsorción de plomo en disolución acuosa a nivel laboratorio?</li> <li>¿Cuál es la concentración de plomo en disolución acuosa que será removida con mayor efectividad en la adsorción con carbón</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Hipótesis específico</b></li> <li>El biofiltro de carbón activado de cáscara de limón (<i>Citrus limón</i>) verde tiene efecto significativo para la adsorción de plomo en disolución acuosa a nivel laboratorio.</li> <li>El biofiltro de carbón activado de cáscara de limón (<i>Citrus limón</i>) maduro tiene efecto significativo para la adsorción de plomo en disolución acuosa a nivel laboratorio.</li> <li>Habrà una concentración de plomo en disolución acuosa que será removida con mayor efectividad en la</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Indicadores</b></li> <li>-Masa de carbón activado a base de cascara verde(g).</li> <li>-Masa de carbón activado a base de cascara madura(g)</li> <li><b>Variable dependiente</b></li> <li>Adsorción de plomo</li> <li><b>Indicador</b></li> <li>-Concentración de plomo en el agua contaminado(mg/L)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Acondicionamiento de la materia prima</li> <li>○ Caracterización de la materia prima</li> <li>○ Preparación de carbón activado a base de la cascara de limón</li> <li>○ Evaluación del carbón activado</li> <li>○ Proceso de adsorción de plomo</li> <li><b>Instrumentos de recolección de datos:</b></li> <li>○ Ficha de recolección de datos</li> <li>○ Empleo de tablas y gráficos resultantes del análisis estadístico</li> <li><b>Instrumento de procesamiento y análisis de datos:</b></li> <li>○ Software estadístico IBM SPSS y programa Microsoft Excel</li> </ul> |

---

activado de cáscara de  
limón (*Citrus limón*)?

activado de cáscara de  
limón (*Citrus limón*)?

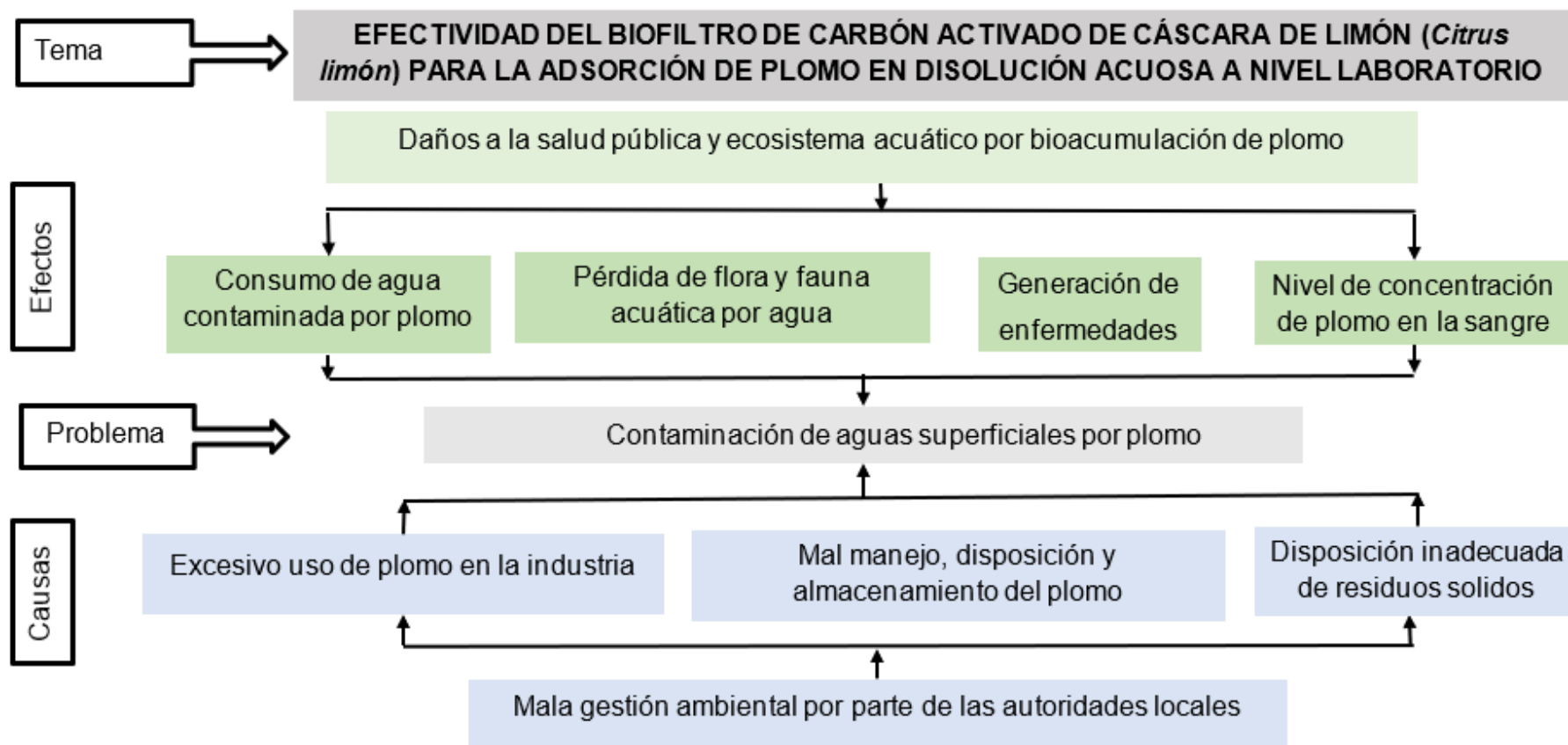
adsorción con carbón  
activado de cáscara de  
limón (*Citrus limón*).

---



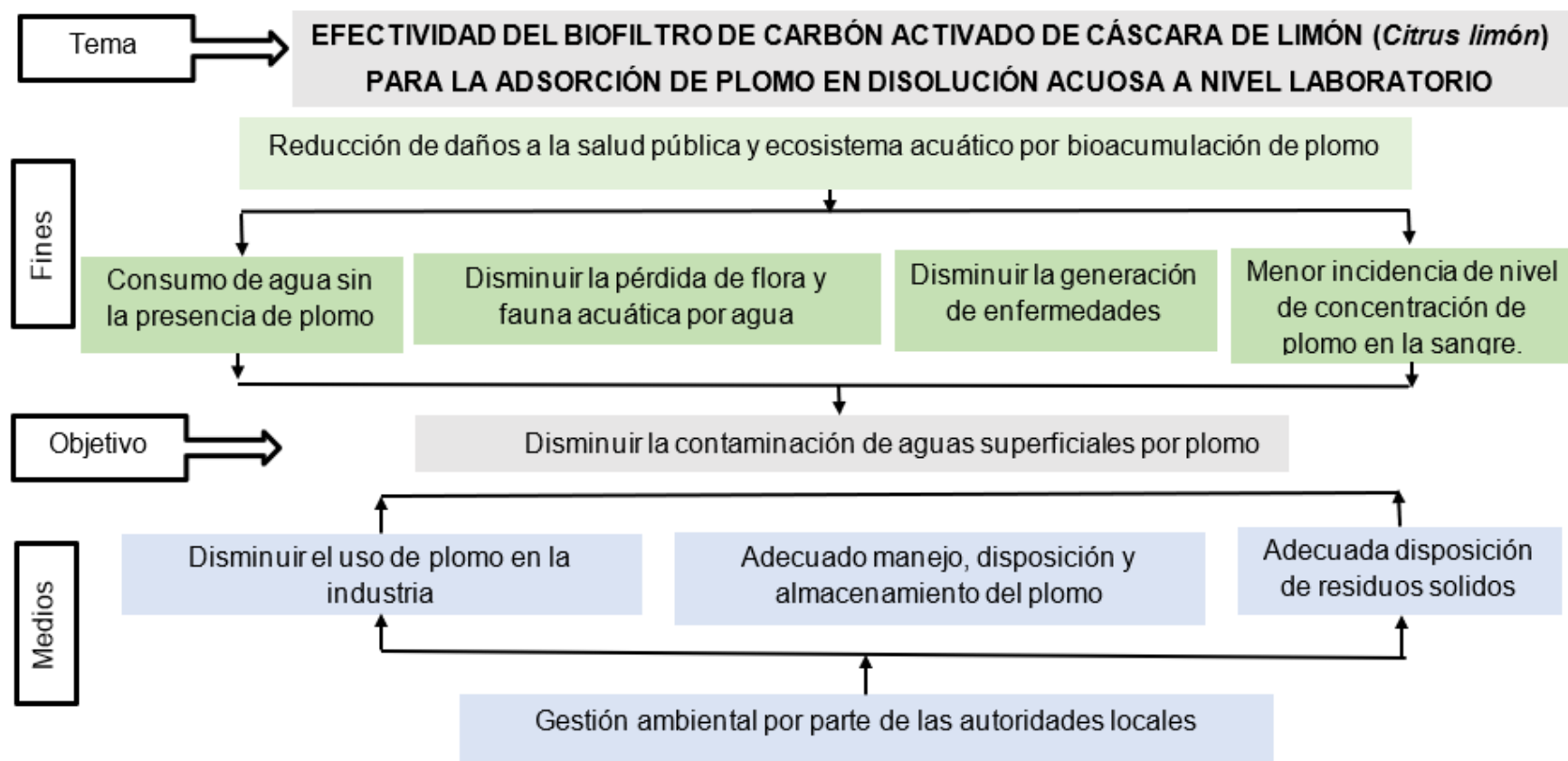
## ANEXO 2

### ÁRBOL DE CAUSA Y EFECTO



### ANEXO 3

#### ARBOL DE MEDIOS Y FINES



## ANEXO 4

### PLANO DE UBICACIÓN DEL LABORATORIO DE LA UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO



## ANEXO 5

### CADENA DE CUSTODIA

[illegible]

| Descripción de equipos utilizados |                  |
|-----------------------------------|------------------|
| código interno del equipo         | nombre de equipo |
|                                   |                  |

| clasificación de matriz de Agua, ref: NTP 214.042 |  |   |
|---|--|---|
| GRUPO   | SUB-GRUPO (manantial - terminal)   | Legenda   |
| AR:   | SUB TERRÁNEA (manantial - terminal)<br>SUPERFICIAL (lago - laguna - Depósito atmosférico)  | V: Vidrio<br>P: Plástico<br>E: Estéril  |
| AR:   | Agua naturales   |   |
| AR:   | Agua residuales  |   |
| AR:   | Agua para uso y consumo humano   | Tª Mra: Temperatura de muestra<br>Tª Amb: Temperatura ambiente<br>CE: Conduktividad eléctrica<br>OD: Oxígeno Disuelto |
| AG:   | DO MESTICA - INDUSTRIAL MUNICIPAL  |   |
| AG:   | BEBIDA (potable, mesa, envasada)<br>PISCINA Y LAGUNA ARTIFICIAL  |   |
| AG:   | MAR-SALOBRES-SALMUER-A-GUA INYECCIÓN Y REINYECCIÓN   |   |
| AP:   | CIRCULACIÓN ENFRIAMIENTO-AGUA DE CALDERAS<br>ALIMENTACIÓN DE CALDERAS - AGUA DE LIXIVIACIÓN<br>AGUA PURIFICADA - AGUA DE INYECCIÓN Y REINYECCIÓN |   |

| Entregado          |       |                     | Recibido           |       |                     | Fecha | Hora |
|--------------------|-------|---------------------|--------------------|-------|---------------------|-------|------|
| Nombre y apellidos | Firma | Institución/empresa | Nombre y apellidos | Firma | Institución/empresa |       |      |
|                    |       |                     |                    |       |                     |       |      |
|                    |       |                     |                    |       |                     |       |      |
|                    |       |                     |                    |       |                     |       |      |
|                    |       |                     |                    |       |                     |       |      |
|                    |       |                     |                    |       |                     |       |      |

## **ANEXO 7**

### **MARCO LEGAL SOBRE EL AGUA**

#### **Ley de Recursos hídricos**

Artículo 1.- El agua El agua es un recurso natural renovable, indispensable para la vida, vulnerable y estratégico para el desarrollo sostenible, el mantenimiento de los sistemas y ciclos naturales que la sustentan, y la seguridad de la Nación.

Artículo 3.- Declaratoria de interés nacional y necesidad pública Declárase de interés nacional y necesidad pública la gestión integrada de los recursos hídricos con el propósito de lograr eficiencia y sostenibilidad en el manejo de las cuencas hidrográficas y los acuíferos para la conservación e incremento del agua, así como asegurar su calidad fomentando una nueva cultura del agua, para garantizar la satisfacción de la demanda de las actuales y futuras generaciones.

#### **Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua-DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM**

Fijan los valores máximos permitidos de contaminantes en el ambiente.

Concentración de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el agua, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. El propósito es garantizar la conservación de la calidad ambiental mediante el uso de instrumentos de gestión ambiental sofisticados y de evaluación detallada. (HQSE, 2020).



| Parámetros  | Unidad de medida | A1  | A2  | A3  |
|---|------------------|---|---|---|
|   |                  | Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección | Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional | Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado |
| Níquel  | mg/L             | 0,07  | **  | **  |
| Plomo   | mg/L             | 0,01  | 0,05  | 0,05  |
| Selenio   | mg/L             | 0,04  | 0,04  | 0,05  |
| Uranio  | mg/L             | 0,02  | 0,02  | 0,02  |
| Zinc  | mg/L             | 3   | 5   | 5   |
| <b>ORGÁNICOS</b>  |                  |   |   |   |
| Hidrocarburos Totales de Petróleo (C <sub>8</sub> - C <sub>40</sub> ) | mg/L             | 0,01  | 0,2   | 1,0   |
| Trihalometanos  | ( e )            | 1,0   | 1,0   | 1,0   |
| Bromoformo  | mg/L             | 0,1   | **  | **  |
| Cloroformo  | mg/L             | 0,3   | **  | **  |
| Dibromoclorometano  | mg/L             | 0,1   | **  | **  |
| Bromodiclorometano  | mg/L             | 0,06  | **  | **  |
| <b>I. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES</b>                              |                  |   |   |   |
| 1,1,1-Tricloroetano   | mg/L             | 0,2   | 0,2   | **  |
| 1,1-Dicloroetano  | mg/L             | 0,03  | **  | **  |
| 1,2 Dicloroetano  | mg/L             | 0,03  | 0,03  | **  |
| 1,2 Diclorobenceno  | mg/L             | 1   | **  | **  |
| Hexaclorobutadieno  | mg/L             | 0,0006  | 0,0006  | **  |
| Tetracloroetano   | mg/L             | 0,04  | **  | **  |
| Tetracloruro de carbono   | mg/L             | 0,004   | 0,004   | **  |
| Tricloroetano   | mg/L             | 0,07  | 0,07  | **  |

*Nota.* Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable. **Fuente:** D.S. N° 004 – 2017 – MINAM

ANEXO VII  
CONSERVACIÓN Y PRESERVACIÓN DE MUESTRA DE AGUA EN FUNCIÓN  
DEL PARÁMETRO EVALUADO



| PARÁMETRO | TIPO DE RECIPIENTE       | CONDICIONES DE PRESERVACIÓN Y ALMACENAMIENTO   | TIEMPO MÁXIMO DE ALMACENAMIENTO |
|-----------|--------------------------|--|---------------------------------|
| Litio     | PE-HD o PTFE / PFA o FEP | Acidificar a pH 1 - 2 con HCl o HNO <sub>3</sub> .   | 1 mes                           |
| Magnesio  | PE-HD o PTFE / PFA o FEP | Acidificar a pH 1 - 2 con HCl o HNO <sub>3</sub> .   | 1 mes                           |
| Manganeso | PE-HD o PTFE / PFA o FEP | Acidificar a pH 1 - 2 con HCl o HNO <sub>3</sub> .   | 1 mes                           |
| Mercurio  | Plástico o vidrio        | Acidificar a pH 1 - 2 con HNO <sub>3</sub>   | 6 meses                         |
| Níquel    | PE-HD o PTFE / PFA o FEP | Acidificar a pH 1 - 2 con HNO <sub>3</sub>   | 6 meses                         |
| Plata     | PE-HD o PTFE / PFA o FEP | Acidificar a pH 1 - 2 con HNO <sub>3</sub> .   | 1 mes                           |
| Plomo     | PE-HD o PTFE / PFA o FEP | Acidificar a pH 1 - 2 con HNO <sub>3</sub>   | 6 meses                         |
| Selenio   | PE-HD o PTFE / PFA o FEP | Acidificar a pH 1 - 2 con HNO <sub>3</sub> . Se debería usar HCl si se usa la técnica hídrica para análisis. | 1 mes                           |
| Sodio     | PE-HD o PTFE / PFA o FEP | Acidificar a pH 1 - 2 con HNO <sub>3</sub>   | 1 mes                           |
| Uranio    | Plástico o vidrio        | Acidificar a pH 1 - 2 con HNO <sub>3</sub>   | 1 mes                           |
| Vanadio   | PE-HD o PTFE / PFA o FEP | Acidificar a pH 1 - 2 con HNO <sub>3</sub>   | 1 mes                           |
| Zinc      | PE-HD o PTFE / PFA o FEP | Acidificar a pH 1 - 2 con HNO <sub>3</sub>   | 6 meses                         |

*Nota.* El grafico muestra tiempo de preservación de la muestra de acuerdo al parámetro a medir. Fuente: RJ-010-2016-ANA

# Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA.

## ANEXO III

### LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS QUÍMICOS INORGÁNICOS Y ORGÁNICOS

| Parámetros Inorgánicos        | Unidad de medida                   | Límite máximo permisible                       |
|-------------------------------|------------------------------------|--|
| 1. Antimonio                  | mg Sb L <sup>-1</sup>              | 0,020  |
| 2. Arsénico ( <b>nota 1</b> ) | mg As L <sup>-1</sup>              | 0,010  |
| 3. Bario                      | mg Ba L <sup>-1</sup>              | 0,700  |
| 4. Boro                       | mg B L <sup>-1</sup>               | 1,500  |
| 5. Cadmio                     | mg Cd L <sup>-1</sup>              | 0,003  |
| 6. Cianuro                    | mg CN <sup>-</sup> L <sup>-1</sup> | 0,070  |
| 7. Cloro ( <b>nota 2</b> )    | mg L <sup>-1</sup>                 | 5  |
| 8. Clorito                    | mg L <sup>-1</sup>                 | 0,7  |
| 9. Clorato                    | mg L <sup>-1</sup>                 | 0,7  |
| 10. Cromo total               | mg Cr L <sup>-1</sup>              | 0,050  |
| 11. Flúor                     | mg F L <sup>-1</sup>               | 1,000  |
| 12. Mercurio                  | mg Hg L <sup>-1</sup>              | 0,001  |
| 13. Niquel                    | mg Ni L <sup>-1</sup>              | 0,020  |
| 14. Nitratos                  | mg NO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup> | 50,00  |
| 15. Nitritos                  | mg NO <sub>2</sub> L <sup>-1</sup> | 3,00 Exposición corta<br>0,20 Exposición larga |
| 16. Plomo                     | mg Pb L <sup>-1</sup>              | 0,010  |
| 17. Selenio                   | mg Se L <sup>-1</sup>              | 0,010  |
| 18. Molibdeno                 | mg Mo L <sup>-1</sup>              | 0,07   |
| 19. Uranio                    | mg U L <sup>-1</sup>               | 0,015  |

*Nota.* El grafico muestra el límite máximo permisible de agua para consumo humano. Fuente: DS N° 031-2010-SA



# ANEXO 8

## SOLICITUD PARA EL USO DEL LABORATORIO DE LA UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO



"Año de la Unidad, la Paz y el Desarrollo"

HUÁNUCO, 30 de noviembre de 2023

**SEÑORA: Mg. BERTHA LUCILA CAMPOS RIOS**  
(Decana de la Facultad de Ingeniería)

**ALUMNO:** BACHILLER (X) EGRESADA ( ) ESTUDIANTE ( ) OTRO ( )

**ASESOR O TUTOR:** CÁMARA LLANOS, FRANK ERICK

**TÍTULO DE TESIS, PROYECTO O ESTANCIA:** "EFECTIVIDAD DEL BIOFILTRO CON CARBÓN ACTIVADO DE CÁSCARA DE LIMÓN (*Citrus limón*) PARA LA ADSORCIÓN DE PLOMO EN DISOLUCIÓN ACUOSA A NIVEL LABORATORIO"

**E-MAIL:** jlssjb13@gmail.com

**SOLICITA:** Uso de laboratorio (X) Equipo (X)

**SOLICITA CLAVE DE ACCESO DE LABORATORIO:** Si ( ) No ( )



**PERIODO DE PRÉSTAMO DE LABORATORIO:**

| FECHA | HORA |
|-------|------|
|       |      |

### LISTA DE EQUIPO Y MATERIALES A SOLICITAR

| Cantidad | Descripción del equipo | Descripción de materiales | OBSERVACIONES |
|----------|------------------------|---------------------------|---------------|
| 1        | Estufa eléctrica       |                           | Ninguna       |
| 1        | Desecador              |                           | Ninguna       |
| 1        | Horno (mufla)          |                           | Ninguna       |
| 1        | Balanza analítica      |                           | Ninguna       |
| 1        | pH metro               |                           | Ninguna       |
| 1        | Agitador               |                           | Ninguna       |
| 1        |                        | Crisol                    | Ninguna       |
| 1        |                        | Mortero                   | Ninguna       |
| 5        |                        | Vasos precipitados        | Ninguna       |
| 5        |                        | Matraz                    | Ninguna       |
| 5        |                        | Embudos                   | Ninguna       |
| 5        |                        | Luna de reloj             | Ninguna       |
| 1        |                        | Pastilla magnética        | Ninguna       |

**ADJUNTO:**

- BOLETA DE PAGO
- CARTA DE COMPROMISO

**ASesor:** CÁMARA LLANOS, Frank Erick  
DNI: 44287920

**ALUMNA:** Jacinto Bonifacio, Julissa Ernestina

**Nota:** En caso de pérdida, robo y/o descompostura del equipo y material prestado, el usuario deberá reponerlo o gestionar los recursos para su reposición. No se recibirán solicitudes que no vengan firmadas por el tutor. Las solicitudes deberán ser entregadas al responsable con una semana de anticipación a la fecha de solicitud de préstamo del material.

c.c. Archivo  
Laboratorio de Química Ambiental de P.A. de Ingeniería Ambiental

Carretera Central Km. 2.5 – La Esperanza Teléfono N° 51 -9773 – Anexo 310 Huánuco – Perú  
E-mail: [laboratorioambiental@udh.edu.pe](mailto:laboratorioambiental@udh.edu.pe) / [secretaria.ambiental.hco@udh.edu.pe](mailto:secretaria.ambiental.hco@udh.edu.pe)

## ANEXO 9

### FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

| FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS  |  |                                 |                                       |                                     |
|--|--|---------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| TÍTULO: EFECTIVIDAD DEL BIOFILTRO DE CARBON ACTIVADO DE CASCARA DE LIMON ( <i>Citrus limón</i> ) PARA LA ADSORCION DE PLOMO EN DISOLUCIÓN ACUOSA A NIVEL LABORATORIO |  |                                 |                                       |                                     |
| DATOS DEL INVESTIGADOR   |  |                                 |                                       |                                     |
| <b>NONBRES Y APELLIDOS</b>   | Ernestina Julissa, Jacinto Bonifacio                       |                                 |                                       |                                     |
| <b>E.A. P</b>  | Ingeniería ambiental                                       |                                 |                                       |                                     |
| <b>INSTITUCIÓN</b>   | Universidad de Huánuco                                     |                                 |                                       |                                     |
| <b>CORREO</b>  | <a href="mailto:jlssjb13@gmail.com">jlssjb13@gmail.com</a> |                                 |                                       |                                     |
| Carbón activado según tipo de cascara  | Repeticiones   | Cantidad de carbón activado (g) | Concentración inicial de plomo (mg/L) | Concentración final de plomo (mg/L) |
| Carbón activado de cascara maduro  | M1-CA-CM   | 6                               | 0                                     | 0                                   |
|  | M2-CA-CM   | 6                               | 0                                     | 0                                   |
|  | M3-CA-CM   | 6                               | 0                                     | 0                                   |
| Carbón activado de cascara verde   | M4-CA-CV   | 6                               | 0                                     | 0                                   |
|  | M5-CA-CV   | 6                               | 0                                     | 0                                   |
|  | M6-CA-CV   | 6                               | 0                                     | 0                                   |
| Carbón activado de cascara maduro  | M7-CA-CM   | 6                               | 20                                    | 0,455                               |
|  | M8-CA-CM   | 6                               | 20                                    | 0,409                               |
|  | M9-CA-CM   | 6                               | 20                                    | 0,317                               |
| Carbón activado de cascara verde   | M10-CA-CV  | 6                               | 20                                    | 0,638                               |
|  | M11-CA-CV  | 6                               | 20                                    | 0,32                                |
|  | M12-CA-CV  | 6                               | 20                                    | 0,81                                |
| Carbón activado de cascara maduro  | M13-CA-CM  | 6                               | 40                                    | 1,26                                |
|  | M14-CA-CM  | 6                               | 40                                    | 2,69                                |
|  | M15-CA-CM  | 6                               | 40                                    | 3,75                                |
| Carbón activado de cascara verde   | M16-CA-CV  | 6                               | 40                                    | 5,18                                |
|  | M17-CA-CV  | 6                               | 40                                    | 6,09                                |
|  | M18-CA-CV  | 6                               | 40                                    | 1,25                                |
| Carbón activado de cascara maduro  | M19-CA-CM  | 6                               | 60                                    | 11,7                                |
|  | M20-CA-CM  | 6                               | 60                                    | 13                                  |
|  | M21-CA-CM  | 6                               | 60                                    | 12                                  |
| Carbón activado de cascara verde   | M22-CA-CV  | 6                               | 60                                    | 15,8                                |
|  | M23-CA-CV  | 6                               | 60                                    | 18,7                                |
|  | M24-CA-CV  | 6                               | 60                                    | 23,4                                |

## Informes de análisis (resultados)



### Informe de Análisis 33652/2024.0

Cotización: C13274/2023.1

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 26-01-2024 17:40

| Identificación del Cliente                   |                     |
|--|---------------------|
| Cliente: ERNESTINA JULISSA JACINTO BONIFACIO |                     |
| Dirección: Universidad de Huánuco - Peru     |                     |
| Contacto: Ernestina Jacinto Bonifacio        | Teléfono: 986678821 |

| N° Muestra: 33652-1/2024.0 - Id: 964835 - ANALISIS DE PLOMO EN AGUA DE PROCESOS |   |
|---|---|
| Matriz: Agua de procesos  |   |
| Término de muestreo: 15-01-2024 17:00   | Fecha de Recepción: 17-01-2024 15:19                                  |
| Departamento: Huánuco   | Provincia: Huánuco  |
| Distrito: Amarilis  | Punto de muestreo: M1-CA- CM  |
| Dirección de muestreo: Laboratorio UDH- La Esperanza                            | Tipo de muestreo: Puntual   |
| Coordenadas: E: 366259 ; N: 8906439   | Muestreado por: El Cliente  |
| Instrumento ambiental: ---  | Proyecto: Absorción de plomo con carbón activado de Cáscara de Limón. |

#### Resultados Analíticos

#### Análisis No Acreditados

| Parámetro | Resultado      | LD           | Referencia        | Fecha y Hora Análisis |
|-----------|----------------|--------------|-------------------|-----------------------|
| Plomo     | < 0,02 mg Pb/L | 0,02 mg Pb/L | SM 3030 E, 3111 B | 26-01-2024 13:33      |

#### Notas

ND: No determinado.  
LD: Límite de Detección.  
SM: *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 24th. Edition 2023.  
\*: Parametro Subcontratado

Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.  
Laboratorio Hidrolab S.A.C declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió.  
Prohibida toda reproducción parcial o total de este informe sin autorización del laboratorio.

Hidrolab es un laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA con registro N°LE-077 ; de acuerdo a NTP-ISO 17025:2017

Raquel Rosales Torres  
Jefe de Laboratorio  
CIP N° 209612

**Código de Validación:** b81bb5e1abd24b8ba75d85b2bad07607

La validación de este documento puede ser realizada en: <portal.mylimsweb.cloud>.

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 31-01-2024 12:13

| Identificación del Cliente                   |                     |
|--|---------------------|
| Cliente: ERNESTINA JULISSA JACINTO BONIFACIO |                     |
| Dirección: Universidad de Huánuco - Peru     |                     |
| Contacto: Ernestina Jacinto Bonifacio        | Teléfono: 986678821 |

| N° Muestra: 33679-1/2024.1 - Id: 1019857 - ANALISIS DE PLOMO EN AGUA DE PROCESOS |  |
|--|--|
| Matriz: Agua de procesos   |  |
| Término de muestreo: 15-01-2024 17:00  | Fecha de Recepción: 17-01-2024 15:28   |
| Departamento: Huánuco  | Provincia: Huánuco   |
| Distrito: Amarilis   | Punto de muestreo: M2-CA-CM - Se tomó la muestra de una solución de concentración 0 pb (sin Pb). |
| Dirección de muestreo: Laboratorio UDH.  | Tipo de muestreo: Puntual  |
| Coordenadas: E: 366259 ; N: 8906439  | Muestreado por: El Cliente   |
| Instrumento ambiental: ---   | Proyecto: Absorción de plomo con Carbón activado de cáscara de limón.                            |

| Resultados Analíticos |
|-----------------------|
|-----------------------|

| Análisis No Acreditados |
|-------------------------|
|-------------------------|

| Parámetro | Resultado      | LD           | Referencia        | Fecha y Hora Análisis |
|-----------|----------------|--------------|-------------------|-----------------------|
| Plomo     | < 0,02 mg Pb/L | 0,02 mg Pb/L | SM 3030 E, 3111 B | 26-01-2024 13:34      |

| Notas  |
|--|
| ND: No determinado.<br>LD: Límite de Detección.<br>SM: <i>Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater</i> , 24th. Edition 2023.<br>*: Parametro Subcontratado<br><br>Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.<br>Laboratorio Hidrolab S.A.C declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió<br>Prohibida toda reproducción parcial o total de este informe sin autorización del laboratorio.<br><br>Hidrolab es un laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA con registro N°LE-077 ; de acuerdo a NTP-ISO 17025:2017 |



Raquel Rosales Torres  
Jefe de Laboratorio  
CIP N° 209612

**Código de Validación:** 47cc74213e194d6280da13573ea3cd49

La validación de este documento puede ser realizada en: [portal.mylimsweb.cloud](https://portal.mylimsweb.cloud).

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 26-01-2024 17:40

| Identificación del Cliente                   |                     |
|--|---------------------|
| Cliente: ERNESTINA JULISSA JACINTO BONIFACIO |                     |
| Dirección: Universidad de Huánuco - Peru     |                     |
| Contacto: Ernestina Jacinto Bonifacio        | Teléfono: 986678821 |

| Nº Muestra: 33725-1/2024.0 - Id: 964838 - ANALISIS DE PLOMO EN AGUA DE PROCESOS |   |
|---|---|
| Matriz: Agua de procesos  |   |
| Término de muestreo: 15-01-2024 17:00   | Fecha de Recepción: 17-01-2024 15:46                                  |
| Departamento: Huánuco   | Provincia: Huánuco  |
| Distrito: Amarilis  | Punto de muestreo: M4-CA-CV   |
| Dirección de muestreo: Laboratorio UDH.   | Tipo de muestreo: Puntual   |
| Coordenadas: E: 366257 ; N: 8906442   | Muestreado por: El Cliente  |
| Instrumento ambiental: ---  | Proyecto: Absorción de plomo con carbón activado de cáscara de limón. |

#### Resultados Analíticos

#### Análisis No Acreditados

| Parámetro | Resultado      | LD           | Referencia        | Fecha y Hora Análisis |
|-----------|----------------|--------------|-------------------|-----------------------|
| Plomo     | < 0,02 mg Pb/L | 0,02 mg Pb/L | SM 3030 E, 3111 B | 26-01-2024 13:54      |

| Notas   |
|---|
| ND: No determinado.<br>LD: Límite de Detección.<br>SM: <i>Standard Methods</i> for the Examination of Water and Wastewater, 24th. Edition 2023.<br>*: Parametro Subcontratado<br><br>Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.<br>Laboratorio Hidrolab S.A.C declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió<br>Prohibida toda reproducción parcial o total de este informe sin autorización del laboratorio.<br><br>Hidrolab es un laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA con registro N°LE-077 ; de acuerdo a NTP-ISO 17025:2017 |



Raquel Rosales Torres  
Jefe de Laboratorio  
CIP N° 209612

**Código de Validación:** 12b632f86808467d84e2126e45cc4b43La validación de este documento puede ser realizada en: [portal.mylimsweb.cloud](https://portal.mylimsweb.cloud).

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 26-01-2024 17:40

| Identificación del Cliente                   |                     |
|--|---------------------|
| Cliente: ERNESTINA JULISSA JACINTO BONIFACIO |                     |
| Dirección: Universidad de Huánuco - Peru     |                     |
| Contacto: Ernestina Jacinto Bonifacio        | Teléfono: 986678821 |

| N° Muestra: 33741-1/2024.0 - Id: 964839 - ANALISIS DE PLOMO EN AGUA DE PROCESOS |   |
|---|---|
| Matriz: Agua de procesos  |   |
| Término de muestreo: 15-01-2024 17:00   | Fecha de Recepción: 17-01-2024 16:02                                  |
| Departamento: Huánuco   | Provincia: Huánuco  |
| Distrito: Amarilis  | Punto de muestreo: M5-CA-CV   |
| Dirección de muestreo: Laboratorio UDH.   | Tipo de muestreo: Puntual   |
| Coordenadas: E: 366261 ; N: 8906427   | Muestreado por: El Cliente  |
| Instrumento ambiental: ---  | Proyecto: Absorción de plomo con carbón activado de cáscara de limón. |

| Resultados Analíticos |
|-----------------------|
|-----------------------|

| Análisis No Acreditados |
|-------------------------|
|-------------------------|

| Parámetro | Resultado      | LD           | Referencia        | Fecha y Hora Análisis |
|-----------|----------------|--------------|-------------------|-----------------------|
| Plomo     | < 0,02 mg Pb/L | 0,02 mg Pb/L | SM 3030 E, 3111 B | 26-01-2024 13:55      |

| Notas  |
|--|
| ND: No determinado.<br>LD: Límite de Detección.<br>SM: <i>Standard Methods</i> for the Examination of Water and Wastewater, 24th. Edition 2023.<br>*: Parametro Subcontratado<br><br>Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.<br>Laboratorio Hidrolab S.A.C declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió.<br>Prohibida toda reproducción parcial o total de este informe sin autorización del laboratorio.<br><br>Hidrolab es un laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA con registro N°LE-077 ; de acuerdo a NTP-ISO 17025:2017 |



Raquel Rosales Torres  
Jefe de Laboratorio  
CIP N° 209612

**Código de Validación: 01e6d5eb55f04bfeb9a55825f39b8dad**La validación de este documento puede ser realizada en: [portal.mylmsweb.cloud](https://portal.mylmsweb.cloud)

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 26-01-2024 17:40

| Identificación del Cliente                   |                     |
|--|---------------------|
| Cliente: ERNESTINA JULISSA JACINTO BONIFACIO |                     |
| Dirección: Universidad de Huánuco - Peru     |                     |
| Contacto: Ernestina Jacinto Bonifacio        | Teléfono: 986678821 |

| N° Muestra: 33737-1/2024.0 - Id: 964840 - ANALISIS DE PLOMO EN AGUA DE PROCESOS |   |
|---|---|
| Matriz: Agua de procesos  |   |
| Término de muestreo: 15-01-2024 17:00   | Fecha de Recepción: 17-01-2024 15:52                                  |
| Departamento: Huánuco   | Provincia: Huánuco  |
| Distrito: Amarilis  | Punto de muestreo: M6-CA-CV   |
| Dirección de muestreo: Laboratorio UDH.   | Tipo de muestreo: Puntual   |
| Coordenadas: E: 366265 ; N: 8906427   | Muestreado por: El Cliente  |
| Instrumento ambiental: ---  | Proyecto: Absorción de plomo con carbón activado de cáscara de limón. |

| Resultados Analíticos |
|-----------------------|
|-----------------------|

| Análisis No Acreditados |
|-------------------------|
|-------------------------|

| Parámetro | Resultado     | LD           | Referencia        | Fecha y Hora Análisis |
|-----------|---------------|--------------|-------------------|-----------------------|
| Plomo     | 0,024 mg Pb/L | 0,02 mg Pb/L | SM 3030 E, 3111 B | 26-01-2024 13:56      |

| Notas  |
|--|
| ND: No determinado.<br>LD: Límite de Detección.<br>SM: <i>Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater</i> , 24th. Edition 2023.<br>*: Parametro Subcontratado<br><br>Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.<br>Laboratorio Hidrolab S.A.C declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió<br>Prohibida toda reproducción parcial o total de este informe sin autorización del laboratorio.<br><br>Hidrolab es un laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA con registro N°LE-077 ; de acuerdo a NTP-ISO 17025:2017 |



Raquel Rosales Torres  
Jefe de Laboratorio  
CIP N° 209612

**Código de Validación:** 3977eaa9b8cf464a8dd57bb3e3e7878cLa validación de este documento puede ser realizada en: [portal.mylimsweb.cloud](https://portal.mylimsweb.cloud)



(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 26-01-2024 17:42

| Identificación del Cliente                   |                     |
|--|---------------------|
| Cliente: ERNESTINA JULISSA JACINTO BONIFACIO |                     |
| Dirección: Universidad de Huánuco - Peru     |                     |
| Contacto: Ernestina Jacinto Bonifacio        | Teléfono: 986678821 |

| N° Muestra: 33775-1/2024.0 - Id: 964841 - ANALISIS DE PLOMO EN AGUA DE PROCESOS |   |
|---|---|
| Matriz: Agua de procesos  |   |
| Término de muestreo: 16-01-2024 18:00   | Fecha de Recepción: 17-01-2024 16:17                                  |
| Departamento: Huánuco   | Provincia: Huánuco  |
| Distrito: Amarilis  | Punto de muestreo: M7-CA-CM   |
| Dirección de muestreo: Laboratorio UDH.   | Tipo de muestreo: Puntual   |
| Coordenadas: E: 366263 ; N: 8906431   | Muestreado por: El Cliente  |
| Instrumento ambiental: ---  | Proyecto: Absorción de plomo con carbón activado de cáscara de limón. |

| Resultados Analíticos |
|-----------------------|
|-----------------------|

| Análisis No Acreditados |
|-------------------------|
|-------------------------|

| Parámetro | Resultado     | LD           | Referencia        | Fecha y Hora Análisis |
|-----------|---------------|--------------|-------------------|-----------------------|
| Plomo     | 0,455 mg Pb/L | 0,02 mg Pb/L | SM 3030 E, 3111 B | 26-01-2024 13:57      |

| Notas  |
|--|
| ND: No determinado.<br>LD: Límite de Detección.<br>SM: <i>Standard Methods</i> for the Examination of Water and Wastewater, 24th. Edition 2023.<br>*: Parametro Subcontratado<br><br>Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.<br>Laboratorio Hidrolab S.A.C declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió.<br>Prohibida toda reproducción parcial o total de este informe sin autorización del laboratorio.<br><br>Hidrolab es un laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA con registro N°LE-077 ; de acuerdo a NTP-ISO 17025:2017 |



Raquel Rosales Torres  
Jefe de Laboratorio  
CIP N° 209612

Código de Validación: e90214d142e44cb580f414a6db17c2ad

La validación de este documento puede ser realizada en: [portal.mylimsweb.cloud](https://portal.mylimsweb.cloud).



(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 26-01-2024 17:42

| Identificación del Cliente                   |                     |
|--|---------------------|
| Cliente: ERNESTINA JULISSA JACINTO BONIFACIO |                     |
| Dirección: Universidad de Huánuco - Peru     |                     |
| Contacto: Ernestina Jacinto Bonifacio        | Teléfono: 986678821 |

| N° Muestra: 33778-1/2024.0 - Id: 964842 - ANALISIS DE PLOMO EN AGUA DE PROCESOS |  |
|---|--|
| Matriz: Agua de procesos  |  |
| Término de muestreo: 16-01-2024 18:00   | Fecha de Recepción: 17-01-2024 16:21                                     |
| Departamento: Huánuco   | Provincia: Huánuco   |
| Distrito: Amarilis  | Punto de muestreo: M8-CA-CM  |
| Dirección de muestreo: Laboratorio UDH  | Tipo de muestreo: Puntual  |
| Coordenadas: E: 366266 ; N: 8906432   | Muestreado por: El Cliente   |
| Instrumento ambiental: ---  | Proyecto: Absorción de plomo con carbón activado de la cáscara de limón. |

#### Resultados Analíticos

#### Análisis No Acreditados

| Parámetro | Resultado     | LD           | Referencia        | Fecha y Hora Análisis |
|-----------|---------------|--------------|-------------------|-----------------------|
| Plomo     | 0,409 mg Pb/L | 0,02 mg Pb/L | SM 3030 E, 3111 B | 26-01-2024 13:57      |

| Notas  |
|--|
| ND: No determinado.<br>LD: Límite de Detección.<br>SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 24th. Edition 2023.<br>*: Parametro Subcontratado<br><br>Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.<br>Laboratorio Hidrolab S.A.C declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió<br>Prohibida toda reproducción parcial o total de este informe sin autorización del laboratorio.<br><br>Hidrolab es un laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA con registro N°LE-077 ; de acuerdo a NTP-ISO 17025:2017 |



Raquel Rosales Torres  
Jefe de Laboratorio  
CIP N° 209612

**Código de Validación:** 95c8ec17f62e493d91de1bc6397840d8La validación de este documento puede ser realizada en: [portal.mylmsweb.cloud](https://portal.mylmsweb.cloud)

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 26-01-2024 17:42

| Identificación del Cliente                   |                     |
|--|---------------------|
| Cliente: ERNESTINA JULISSA JACINTO BONIFACIO |                     |
| Dirección: Universidad de Huánuco - Peru     |                     |
| Contacto: Ernestina Jacinto Bonifacio        | Teléfono: 986678821 |

| N° Muestra: 33794-1/2024.0 - Id: 964843 - ANALISIS DE PLOMO EN AGUA DE PROCESOS |   |
|---|---|
| Matriz: Agua de procesos  |   |
| Término de muestreo: 16-01-2024 18:00   | Fecha de Recepción: 17-01-2024 16:28                                  |
| Departamento: Huánuco   | Provincia: Huánuco  |
| Distrito: Amarilis  | Punto de muestreo: M9-CA-CM   |
| Dirección de muestreo: Laboratorio UDH.   | Tipo de muestreo: Puntual   |
| Coordenadas: E: 366266 ; N: 8906441   | Muestreado por: El Cliente  |
| Instrumento ambiental: ---  | Proyecto: Absorción de plomo con carbón activado de cáscara de limón. |

| Resultados Analíticos |
|-----------------------|
|-----------------------|

| Análisis No Acreditados |
|-------------------------|
|-------------------------|

| Parámetro | Resultado     | LD           | Referencia        | Fecha y Hora Análisis |
|-----------|---------------|--------------|-------------------|-----------------------|
| Plomo     | 0,317 mg Pb/L | 0,02 mg Pb/L | SM 3030 E, 3111 B | 26-01-2024 13:59      |

| Notas   |
|---|
| ND: No determinado.<br>LD: Límite de Detección.<br>SM: <i>Standard Methods</i> for the Examination of Water and Wastewater, 24th. Edition 2023.<br>*: Parametro Subcontratado<br><br>Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.<br>Laboratorio Hidrolab S.A.C declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió<br>Prohibida toda reproducción parcial o total de este informe sin autorización del laboratorio.<br><br>Hidrolab es un laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA con registro N°LE-077 ; de acuerdo a NTP-ISO 17025:2017 |



Raquel Rosales Torres  
Jefe de Laboratorio  
CIP N° 209612

**Código de Validación:** 40d6a96864d4485f9cde2346d5ad42dcLa validación de este documento puede ser realizada en: [portal.mylmsweb.cloud](https://portal.mylmsweb.cloud).

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 26-01-2024 17:42

| Identificación del Cliente                   |                     |
|--|---------------------|
| Cliente: ERNESTINA JULISSA JACINTO BONIFACIO |                     |
| Dirección: Universidad de Huánuco - Peru     |                     |
| Contacto: Ernestina Jacinto Bonifacio        | Teléfono: 986678821 |

| Nº Muestra: 33803-1/2024.0 - Id: 964844 - ANALISIS DE PLOMO EN AGUA DE PROCESOS |   |
|---|---|
| Matriz: Agua de procesos  |   |
| Término de muestreo: 16-01-2024 18:00   | Fecha de Recepción: 17-01-2024 16:33                                  |
| Departamento: Huánuco   | Provincia: Huánuco  |
| Distrito: Amarilis  | Punto de muestreo: M10- CA-CV   |
| Dirección de muestreo: Laboratorio UDH.   | Tipo de muestreo: Puntual   |
| Coordenadas: E: 366258 ; N: 8906440   | Muestreado por: El Cliente  |
| Instrumento ambiental: ---  | Proyecto: Absorción de plomo con carbón activado de cáscara de limón. |

#### Resultados Analíticos

#### Análisis No Acreditados

| Parámetro | Resultado     | LD           | Referencia        | Fecha y Hora Análisis |
|-----------|---------------|--------------|-------------------|-----------------------|
| Plomo     | 0,638 mg Pb/L | 0,02 mg Pb/L | SM 3030 E, 3111 B | 26-01-2024 14:00      |

| Notas   |
|---|
| ND: No determinado.<br>LD: Límite de Detección.<br>SM: <i>Standard Methods</i> for the Examination of Water and Wastewater, 24th. Edition 2023.<br>*: Parametro Subcontratado<br><br>Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.<br>Laboratorio Hidrolab S.A.C declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió<br>Prohibida toda reproducción parcial o total de este informe sin autorización del laboratorio.<br><br>Hidrolab es un laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA con registro N°LE-077 ; de acuerdo a NTP-ISO 17025:2017 |



Raquel Rosales Torres  
Jefe de Laboratorio  
CIP N° 209612

**Código de Validación:** d6e67323ef0343f3a46de55bc4c5b000La validación de este documento puede ser realizada en: [portal.mylmsweb.cloud](https://portal.mylmsweb.cloud)

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 26-01-2024 17:43

| Identificación del Cliente                   |                     |
|--|---------------------|
| Cliente: ERNESTINA JULISSA JACINTO BONIFACIO |                     |
| Dirección: Universidad de Huánuco - Peru     |                     |
| Contacto: Ernestina Jacinto Bonifacio        | Teléfono: 986678821 |

| Nº Muestra: 33816-1/2024.0 - Id: 964845 - ANALISIS DE PLOMO EN AGUA DE PROCESOS |   |
|---|---|
| Matriz: Agua de procesos  |   |
| Término de muestreo: 16-01-2024 18:00   | Fecha de Recepción: 17-01-2024 16:36                                  |
| Departamento: Huánuco   | Provincia: Huánuco  |
| Distrito: Amarilis  | Punto de muestreo: M11- CA- CV  |
| Dirección de muestreo: Laboratorio UDH - LA ESPERANZA.                          | Tipo de muestreo: Puntual   |
| Coordenadas: E: 366256 ; N: 8906438   | Muestreado por: El Cliente  |
| Instrumento ambiental: ---  | Proyecto: Absorción de plomo con carbón activado de cáscara de limón. |

#### Resultados Analíticos

#### Análisis No Acreditados

| Parámetro | Resultado    | LD           | Referencia        | Fecha y Hora Análisis |
|-----------|--------------|--------------|-------------------|-----------------------|
| Plomo     | 0,32 mg Pb/L | 0,02 mg Pb/L | SM 3030 E, 3111 B | 26-01-2024 14:02      |

| Notas   |
|---|
| ND: No determinado.<br>LD: Límite de Detección.<br>SM: <i>Standard Methods</i> for the Examination of Water and Wastewater, 24th. Edition 2023.<br>*: Parametro Subcontratado<br><br>Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.<br>Laboratorio Hidrolab S.A.C declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió<br>Prohibida toda reproducción parcial o total de este informe sin autorización del laboratorio.<br><br>Hidrolab es un laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA con registro N°LE-077 ; de acuerdo a NTP-ISO 17025:2017 |



Raquel Rosales Torres  
Jefe de Laboratorio  
CIP N° 209612

**Código de Validación:** 056bf049876849f995374de8e5a78825La validación de este documento puede ser realizada en: <portal.mylimsweb.cloud>

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 26-01-2024 17:43

| Identificación del Cliente                   |                     |
|--|---------------------|
| Cliente: ERNESTINA JULISSA JACINTO BONIFACIO |                     |
| Dirección: Universidad de Huánuco - Peru     |                     |
| Contacto: Ernestina Jacinto Bonifacio        | Teléfono: 986678821 |

| Nº Muestra: 33826-1/2024.0 - Id: 964846 - ANALISIS DE PLOMO EN AGUA DE PROCESOS |   |
|---|---|
| Matriz: Agua de procesos  |   |
| Término de muestreo: 16-01-2024 18:00   | Fecha de Recepción: 17-01-2024 16:42                                  |
| Departamento: Huánuco   | Provincia: Huánuco  |
| Distrito: Amarilis  | Punto de muestreo: M12-CA-CV  |
| Dirección de muestreo: Laboratorio UDH- La Esperanza.                           | Tipo de muestreo: Puntual   |
| Coordenadas: E: 366258 ; N: 8906437   | Muestreado por: El Cliente  |
| Instrumento ambiental: ---  | Proyecto: Absorción de plomo con carbón activado de cáscara de limón. |

| Resultados Analíticos |
|-----------------------|
|-----------------------|

| Análisis No Acreditados |
|-------------------------|
|-------------------------|

| Parámetro | Resultado    | LD           | Referencia        | Fecha y Hora Análisis |
|-----------|--------------|--------------|-------------------|-----------------------|
| Plomo     | 0,81 mg Pb/L | 0,02 mg Pb/L | SM 3030 E, 3111 B | 26-01-2024 14:09      |

| Notas  |
|--|
| ND: No determinado.<br>LD: Límite de Detección.<br>SM: <i>Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater</i> , 24th. Edition 2023.<br>*: Parametro Subcontratado<br><br>Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.<br>Laboratorio Hidrolab S.A.C declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió<br>Prohibida toda reproducción parcial o total de este informe sin autorización del laboratorio.<br><br>Hidrolab es un laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA con registro N°LE-077 ; de acuerdo a NTP-ISO 17025:2017 |



Raquel Rosales Torres  
Jefe de Laboratorio  
CIP N° 209612

Código de Validación: 3d06d184b1d64cf5b9a3d72d0a564aae

La validación de este documento puede ser realizada en: [portal.mylmsweb.cloud](https://portal.mylmsweb.cloud).

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 29-01-2024 14:11

| Identificación del Cliente                   |                     |
|--|---------------------|
| Cliente: ERNESTINA JULISSA JACINTO BONIFACIO |                     |
| Dirección: Universidad de Huánuco - Peru     |                     |
| Contacto: Ernestina Jacinto Bonifacio        | Teléfono: 986678821 |

| N° Muestra: 33830-1/2024.0 - Id: 964847 - ANALISIS DE PLOMO EN AGUA DE PROCESOS |   |
|---|---|
| Matriz: Agua de procesos  |   |
| Término de muestreo: 16-01-2024 18:00   | Fecha de Recepción: 17-01-2024 16:46                                  |
| Departamento: Huánuco   | Provincia: Huánuco  |
| Distrito: Amarilis  | Punto de muestreo: M13-CA-CM  |
| Dirección de muestreo: Laboratorio UDH- La Esperanza.                           | Tipo de muestreo: Puntual   |
| Coordenadas: E: 366259 ; N: 8906438   | Muestreado por: El Cliente  |
| Instrumento ambiental: ---  | Proyecto: Absorción de plomo con carbón activado de cáscara de limón. |

| Resultados Analíticos |
|-----------------------|
|-----------------------|

| Análisis No Acreditados |
|-------------------------|
|-------------------------|

| Parámetro | Resultado    | LD           | Referencia        | Fecha y Hora Análisis |
|-----------|--------------|--------------|-------------------|-----------------------|
| Plomo     | 1,26 mg Pb/L | 0,02 mg Pb/L | SM 3030 E, 3111 B | 26-01-2024 14:11      |

| Especificaciones   |
|--|
| DS N°003-2010-MINAM: Límites Máximos Permisibles para los Efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales |

| Notas   |
|---|
| ND: No determinado.<br>LD: Límite de Detección.<br>SM: <i>Standard Methods</i> for the Examination of Water and Wastewater, 24th. Edition 2023.<br>*: Parametro Subcontratado<br><br>Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.<br>Laboratorio Hidrolab S.A.C declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió<br>Prohibida toda reproducción parcial o total de este informe sin autorización del laboratorio.<br><br>Hidrolab es un laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA con registro N°LE-077 ; de acuerdo a NTP-ISO 17025:2017 |

Raquel Rosales Torres  
Jefe de Laboratorio  
CIP N° 209612

Código de Validación: 78020cd9edfa44008fa77a03e8f464e3

La validación de este documento puede ser realizada en: <portal.mylimsweb.cloud>

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 29-01-2024 14:09

| Identificación del Cliente                   |                     |
|--|---------------------|
| Cliente: ERNESTINA JULISSA JACINTO BONIFACIO |                     |
| Dirección: Universidad de Huánuco - Peru     |                     |
| Contacto: Ernestina Jacinto Bonifacio        | Teléfono: 986678821 |

| N° Muestra: 33835-1/2024.0 - Id: 964848 - ANALISIS DE PLOMO EN AGUA DE PROCESOS |   |
|---|---|
| Matriz: Agua de procesos  |   |
| Término de muestreo: 16-01-2024 18:00   | Fecha de Recepción: 17-01-2024 16:50                                  |
| Departamento: Huánuco   | Provincia: Huánuco  |
| Distrito: Amarilis  | Punto de muestreo: M14-CA-CM  |
| Dirección de muestreo: Laboratorio UDH -la Esperanza.                           | Tipo de muestreo: Puntual   |
| Coordenadas: E: 366259 ; N: 8906438   | Muestreado por: El Cliente  |
| Instrumento ambiental: ---  | Proyecto: Absorción de plomo con carbón activado de cáscara de limón. |

| Resultados Analíticos |
|-----------------------|
|-----------------------|

| Análisis No Acreditados |
|-------------------------|
|-------------------------|

| Parámetro | Resultado    | LD           | Referencia        | Fecha y Hora Análisis |
|-----------|--------------|--------------|-------------------|-----------------------|
| Plomo     | 2,69 mg Pb/L | 0,02 mg Pb/L | SM 3030 E, 3111 B | 26-01-2024 16:45      |

| Especificaciones   |
|--|
| DS N°003-2010-MINAM: Límites Máximos Permisibles para los Efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales |

| Notas   |
|---|
| ND: No determinado.<br>LD: Límite de Detección.<br>SM: <i>Standard Methods</i> for the Examination of Water and Wastewater, 24th. Edition 2023.<br>*: Parametro Subcontratado<br><br>Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.<br>Laboratorio Hidrolab S.A.C declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió<br>Prohibida toda reproducción parcial o total de este informe sin autorización del laboratorio.<br><br>Hidrolab es un laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA con registro N°LE-077 ; de acuerdo a NTP-ISO 17025:2017 |



Raquel Rosales Torres  
Jefe de Laboratorio  
CIP N° 209612

Código de Validación: 47ed365312e04d50b381957689ae39bf

La validación de este documento puede ser realizada en: [portal.mylmsweb.cloud](https://portal.mylmsweb.cloud).

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 29-01-2024 12:35

| Identificación del Cliente                   |                     |
|--|---------------------|
| Cliente: ERNESTINA JULISSA JACINTO BONIFACIO |                     |
| Dirección: Universidad de Huánuco - Peru     |                     |
| Contacto: Ernestina Jacinto Bonifacio        | Teléfono: 986678821 |

| N° Muestra: 33839-1/2024.0 - Id: 964852 - ANALISIS DE PLOMO EN AGUA DE PROCESOS |   |
|---|---|
| Matriz: Agua de procesos  |   |
| Término de muestreo: 16-01-2024 18:00   | Fecha de Recepción: 17-01-2024 16:54                                  |
| Departamento: Huánuco   | Provincia: Huánuco  |
| Distrito: Amarilis  | Punto de muestreo: M15-CA-CM  |
| Dirección de muestreo: Laboratorio UDH - La Esperanza.                          | Tipo de muestreo: Puntual   |
| Coordenadas: E: 366259 ; N: 8906439   | Muestreado por: El Cliente  |
| Instrumento ambiental: ---  | Proyecto: Absorción de plomo con carbón activado de cáscara de limón. |

#### Resultados Analíticos

#### Análisis No Acreditados

| Parámetro | Resultado    | LD           | Referencia        | Fecha y Hora Análisis |
|-----------|--------------|--------------|-------------------|-----------------------|
| Plomo     | 3,75 mg Pb/L | 0,02 mg Pb/L | SM 3030 E, 3111 B | 26-01-2024 16:46      |

#### Especificaciones

DS N°003-2010-MINAM: Límites Máximos Permisibles para los Efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales

#### Notas

ND: No determinado.  
LD: Límite de Detección.  
SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 24th. Edition 2023.  
\*: Parametro Subcontratado

Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.  
Laboratorio Hidrolab S.A.C declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió  
Prohibida toda reproducción parcial o total de este informe sin autorización del laboratorio.

Hidrolab es un laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA con registro N°LE-077 ; de acuerdo a NTP-ISO 17025:2017



Raquel Rosales Torres  
Jefe de Laboratorio  
CIP N° 209612

Código de Validación: 01430808141f44d99c1336b8205d251f

La validación de este documento puede ser realizada en: <portal.mylmsweb.cloud>



(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 29-01-2024 12:35

| Identificación del Cliente                   |                     |
|--|---------------------|
| Cliente: ERNESTINA JULISSA JACINTO BONIFACIO |                     |
| Dirección: Universidad de Huánuco - Peru     |                     |
| Contacto: Ernestina Jacinto Bonifacio        | Teléfono: 986678821 |

| N° Muestra: 33840-1/2024.0 - Id: 964853 - ANALISIS DE PLOMO EN AGUA DE PROCESOS |   |
|---|---|
| Matriz: Agua de procesos  |   |
| Término de muestreo: 16-01-2024 18:00   | Fecha de Recepción: 17-01-2024 17:04                                  |
| Departamento: Huánuco   | Provincia: Huánuco  |
| Distrito: Amarilis  | Punto de muestreo: M16-CA-CV  |
| Dirección de muestreo: Laboratorio UDH - La Esperanza.                          | Tipo de muestreo: Puntual   |
| Coordenadas: E: 366259 ; N: 8906439   | Muestreado por: El Cliente  |
| Instrumento ambiental: ---  | Proyecto: Absorción de plomo con carbón activado de cáscara de limón. |

| Resultados Analíticos |
|-----------------------|
|-----------------------|

| Análisis No Acreditados |
|-------------------------|
|-------------------------|

| Parámetro | Resultado    | LD           | Referencia        | Fecha y Hora Análisis |
|-----------|--------------|--------------|-------------------|-----------------------|
| Plomo     | 5,18 mg Pb/L | 0,02 mg Pb/L | SM 3030 E, 3111 B | 26-01-2024 16:47      |

| Especificaciones   |
|--|
| DS N°003-2010-MINAM: Límites Máximos Permisibles para los Efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales |

| Notas   |
|---|
| ND: No determinado.<br>LD: Límite de Detección.<br>SM: <i>Standard Methods</i> for the Examination of Water and Wastewater, 24th. Edition 2023.<br>*: Parametro Subcontratado<br><br>Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.<br>Laboratorio Hidrolab S.A.C declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió<br>Prohibida toda reproducción parcial o total de este informe sin autorización del laboratorio.<br><br>Hidrolab es un laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA con registro N°LE-077 ; de acuerdo a NTP-ISO 17025:2017 |



Raquel Rosales Torres  
Jefe de Laboratorio  
CIP N° 209612

Código de Validación: 9e01ba902a5f4678b212fe03315796bc

La validación de este documento puede ser realizada en: [portal.mylmsweb.cloud](https://portal.mylmsweb.cloud).

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 29-01-2024 12:34

| Identificación del Cliente                   |                     |
|--|---------------------|
| Cliente: ERNESTINA JULISSA JACINTO BONIFACIO |                     |
| Dirección: Universidad de Huánuco - Peru     |                     |
| Contacto: Ernestina Jacinto Bonifacio        | Teléfono: 986678821 |

| N° Muestra: 33845-1/2024.0 - Id: 964854 - ANALISIS DE PLOMO EN AGUA DE PROCESOS |   |
|---|---|
| Matriz: Agua de procesos  |   |
| Término de muestreo: 16-01-2024 18:00   | Fecha de Recepción: 17-01-2024 17:08                                  |
| Departamento: Huánuco   | Provincia: Huánuco  |
| Distrito: Amarilis  | Punto de muestreo: M17-CA-CV  |
| Dirección de muestreo: Laboratorio UDH - La Esperanza.                          | Tipo de muestreo: Puntual   |
| Coordenadas: E:366259 ; N: 8906439  | Muestreado por: El Cliente  |
| Instrumento ambiental: ---  | Proyecto: Absorción de plomo con carbón activado de cáscara de limón. |

| Resultados Analíticos |
|-----------------------|
|-----------------------|

| Análisis No Acreditados |
|-------------------------|
|-------------------------|

| Parámetro | Resultado    | LD           | Referencia        | Fecha y Hora Análisis |
|-----------|--------------|--------------|-------------------|-----------------------|
| Plomo     | 6,09 mg Pb/L | 0,02 mg Pb/L | SM 3030 E, 3111 B | 26-01-2024 16:47      |

| Especificaciones   |
|--|
| DS N°003-2010-MINAM: Límites Máximos Permisibles para los Efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales |

| Notas  |
|--|
| ND: No determinado.<br>LD: Límite de Detección.<br>SM: <i>Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater</i> , 24th. Edition 2023.<br>*: Parametro Subcontratado<br><br>Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.<br>Laboratorio Hidrolab S.A.C declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió<br>Prohibida toda reproducción parcial o total de este informe sin autorización del laboratorio.<br><br>Hidrolab es un laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA con registro N°LE-077 ; de acuerdo a NTP-ISO 17025:2017 |



Raquel Rosales Torres  
Jefe de Laboratorio  
CIP N° 209612

**Código de Validación:** ccf532ea6c6a430bafdfb5b880cd4142La validación de este documento puede ser realizada en: <portal.mylimsweb.cloud>.

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 29-01-2024 12:34

| Identificación del Cliente                   |                     |
|--|---------------------|
| Cliente: ERNESTINA JULISSA JACINTO BONIFACIO |                     |
| Dirección: Universidad de Huánuco - Peru     |                     |
| Contacto: Ernestina Jacinto Bonifacio        | Teléfono: 986678821 |

| Nº Muestra: 33846-1/2024.0 - Id: 964855 - ANALISIS DE PLOMO EN AGUA DE PROCESOS |   |
|---|---|
| Matriz: Agua de procesos  |   |
| Término de muestreo: 16-01-2024 18:00   | Fecha de Recepción: 17-01-2024 17:12                                  |
| Departamento: Huánuco   | Provincia: Huánuco  |
| Distrito: Amarilis  | Punto de muestreo: M18-CA-CV  |
| Dirección de muestreo: Laboratorio UDH - La Esperanza.                          | Tipo de muestreo: Puntual   |
| Coordenadas: E: 366246 ; N: 8906459   | Muestreado por: El Cliente  |
| Instrumento ambiental: ---  | Proyecto: Absorción de plomo con carbón activado de cáscara de limón. |

| Resultados Analíticos |
|-----------------------|
|-----------------------|

| Análisis No Acreditados |
|-------------------------|
|-------------------------|

| Parámetro | Resultado    | LD           | Referencia        | Fecha y Hora Análisis |
|-----------|--------------|--------------|-------------------|-----------------------|
| Plomo     | 1,25 mg Pb/L | 0,02 mg Pb/L | SM 3030 E, 3111 B | 26-01-2024 14:14      |

| Especificaciones |
|------------------|
|------------------|

DS N°003-2010-MINAM: Límites Máximos Permisibles para los Efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales

| Notas |
|-------|
|-------|

ND: No determinado.  
LD: Límite de Detección.  
SM: *Standard Methods* for the Examination of Water and Wastewater, 24th. Edition 2023.  
\*: Parametro Subcontratado

Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.  
Laboratorio Hidrolab S.A.C declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió  
Prohibida toda reproducción parcial o total de este informe sin autorización del laboratorio.

Hidrolab es un laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA con registro N°LE-077 ; de acuerdo a NTP-ISO 17025:2017



Raquel Rosales Torres  
Jefe de Laboratorio  
CIP N° 209612

Código de Validación: 72db4e243dd644afb84391c6d4fda146

La validación de este documento puede ser realizada en: [portal.mylmsweb.cloud](https://portal.mylmsweb.cloud)

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 29-01-2024 12:33

| Identificación del Cliente                   |                     |
|--|---------------------|
| Cliente: ERNESTINA JULISSA JACINTO BONIFACIO |                     |
| Dirección: Universidad de Huánuco - Peru     |                     |
| Contacto: Ernestina Jacinto Bonifacio        | Teléfono: 986678821 |

| N° Muestra: 33847-1/2024.0 - Id: 964856 - ANALISIS DE PLOMO EN AGUA DE PROCESOS |   |
|---|---|
| Matriz: Agua de procesos  |   |
| Término de muestreo: 16-01-2024 18:00   | Fecha de Recepción: 17-01-2024 17:16                                  |
| Departamento: Huánuco   | Provincia: Huánuco  |
| Distrito: Amarilis  | Punto de muestreo: M19 - CA - CM                                      |
| Dirección de muestreo: Laboratorio UDH - La Esperanza.                          | Tipo de muestreo: Puntual   |
| Coordenadas: E: 366243 ; N: 8906451   | Muestreado por: El Cliente  |
| Instrumento ambiental: ---  | Proyecto: Absorción de plomo con carbón activado de cáscara de limón. |

| Resultados Analíticos |
|-----------------------|
|-----------------------|

| Análisis No Acreditados |
|-------------------------|
|-------------------------|

| Parámetro | Resultado    | LD           | Referencia        | Fecha y Hora Análisis |
|-----------|--------------|--------------|-------------------|-----------------------|
| Plomo     | 11,7 mg Pb/L | 0,02 mg Pb/L | SM 3030 E, 3111 B | 26-01-2024 16:48      |

| Notas  |
|--|
| ND: No determinado.<br>LD: Límite de Detección.<br>SM: <i>Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater</i> , 24th. Edition 2023.<br>*: Parametro Subcontratado<br><br>Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.<br>Laboratorio Hidrolab S.A.C declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió<br>Prohibida toda reproducción parcial o total de este informe sin autorización del laboratorio.<br><br>Hidrolab es un laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA con registro N°LE-077 ; de acuerdo a NTP-ISO 17025:2017 |



Raquel Rosales Torres  
Jefe de Laboratorio  
CIP N° 209612

**Código de Validación:** be17aa58eab84ee989f997df2ee9214eLa validación de este documento puede ser realizada en: [portal.mylimsweb.cloud](https://portal.mylimsweb.cloud).

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 29-01-2024 12:32

| Identificación del Cliente                   |                     |
|--|---------------------|
| Cliente: ERNESTINA JULISSA JACINTO BONIFACIO |                     |
| Dirección: Universidad de Huánuco - Peru     |                     |
| Contacto: Ernestina Jacinto Bonifacio        | Teléfono: 986678821 |

| N° Muestra: 33849-1/2024.0 - Id: 964857 - ANALISIS DE PLOMO EN AGUA DE PROCESOS |   |
|---|---|
| Matriz: Agua de procesos  |   |
| Término de muestreo: 16-01-2024 18:00   | Fecha de Recepción: 17-01-2024 17:20                                  |
| Departamento: Huánuco   | Provincia: Huánuco  |
| Distrito: Amarilis  | Punto de muestreo: M20 - CA- CM                                       |
| Dirección de muestreo: Laboratorio UDH - La Esperanza.                          | Tipo de muestreo: Puntual   |
| Coordenadas: E: 366243 ; N: 8906451   | Muestreado por: El Cliente  |
| Instrumento ambiental: ---  | Proyecto: Absorción de plomo con carbón activado de cáscara de limón. |

#### Resultados Analíticos

#### Análisis No Acreditados

| Parámetro | Resultado  | LD           | Referencia        | Fecha y Hora Análisis |
|-----------|------------|--------------|-------------------|-----------------------|
| Plomo     | 13 mg Pb/L | 0,02 mg Pb/L | SM 3030 E, 3111 B | 26-01-2024 16:49      |

#### Notas

ND: No determinado.  
LD: Límite de Detección.  
SM: *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 24th. Edition 2023.  
\*: Parametro Subcontratado

Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.  
Laboratorio Hidrolab S.A.C declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió.  
Prohibida toda reproducción parcial o total de este informe sin autorización del laboratorio.

Hidrolab es un laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA con registro N°LE-077 ; de acuerdo a NTP-ISO 17025:2017



Raquel Rosales Torres  
Jefe de Laboratorio  
CIP N° 209612

**Código de Validación:** 18dadd86c6f94a55972053b1e8c36398La validación de este documento puede ser realizada en: [portal.mylimsweb.cloud](https://portal.mylimsweb.cloud)

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 29-01-2024 12:31

| Identificación del Cliente                   |                     |
|--|---------------------|
| Cliente: ERNESTINA JULISSA JACINTO BONIFACIO |                     |
| Dirección: Universidad de Huánuco - Peru     |                     |
| Contacto: Ernestina Jacinto Bonifacio        | Teléfono: 986678821 |

| N° Muestra: 33854-1/2024.0 - Id: 964858 - ANALISIS DE PLOMO EN AGUA DE PROCESOS |   |
|---|---|
| Matriz: Agua de procesos  |   |
| Término de muestreo: 16-01-2024 18:00   | Fecha de Recepción: 17-01-2024 17:24                                  |
| Departamento: Huánuco   | Provincia: Huánuco  |
| Distrito: Amarilis  | Punto de muestreo: M21 - CA - CM                                      |
| Dirección de muestreo: Laboratorio UDH - La Esperanza                           | Tipo de muestreo: Puntual   |
| Coordenadas: E: 366243 ; N: 8406451   | Muestreado por: El Cliente  |
| Instrumento ambiental: ---  | Proyecto: Absorción de plomo con carbón activado de cáscara de limón. |

| Resultados Analíticos |
|-----------------------|
|-----------------------|

| Análisis No Acreditados |
|-------------------------|
|-------------------------|

| Parámetro | Resultado  | LD           | Referencia        | Fecha y Hora Análisis |
|-----------|------------|--------------|-------------------|-----------------------|
| Plomo     | 12 mg Pb/L | 0,02 mg Pb/L | SM 3030 E, 3111 B | 26-01-2024 16:50      |

| Notas   |
|---|
| ND: No determinado.<br>LD: Límite de Detección.<br>SM: <i>Standard Methods</i> for the Examination of Water and Wastewater, 24th. Edition 2023.<br>*: Parametro Subcontratado<br><br>Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.<br>Laboratorio Hidrolab S.A.C declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió<br>Prohibida toda reproducción parcial o total de este informe sin autorización del laboratorio.<br><br>Hidrolab es un laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA con registro N°LE-077 ; de acuerdo a NTP-ISO 17025:2017 |



Raquel Rosales Torres  
Jefe de Laboratorio  
CIP N° 209612

Código de Validación: 6f764256238947798e129d92cda28739

La validación de este documento puede ser realizada en: [portal.mylimsweb.cloud](https://portal.mylimsweb.cloud).

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 29-01-2024 12:29

| Identificación del Cliente                   |                     |
|--|---------------------|
| Cliente: ERNESTINA JULISSA JACINTO BONIFACIO |                     |
| Dirección: Universidad de Huánuco - Peru     |                     |
| Contacto: Ernestina Jacinto Bonifacio        | Teléfono: 986678821 |

| N° Muestra: 33855-1/2024.0 - Id: 964859 - ANALISIS DE PLOMO EN AGUA DE PROCESOS |   |
|---|---|
| Matriz: Agua de procesos  |   |
| Término de muestreo: 16-01-2024 18:00   | Fecha de Recepción: 17-01-2024 17:30                                  |
| Departamento: Huánuco   | Provincia: Huánuco  |
| Distrito: Amarilis  | Punto de muestreo: M22 - CA - CV                                      |
| Dirección de muestreo: Laboratorio UDH - La Esperanza.                          | Tipo de muestreo: Puntual   |
| Coordenadas: E: 366259 ; N: 8906438   | Muestreado por: El Cliente  |
| Instrumento ambiental: ---  | Proyecto: Absorción de plomo con carbón activado de cáscara de limón. |

| Resultados Analíticos |
|-----------------------|
|-----------------------|

| Análisis No Acreditados |
|-------------------------|
|-------------------------|

| Parámetro | Resultado    | LD           | Referencia        | Fecha y Hora Análisis |
|-----------|--------------|--------------|-------------------|-----------------------|
| Plomo     | 15,8 mg Pb/L | 0,02 mg Pb/L | SM 3030 E, 3111 B | 26-01-2024 16:51      |

| Notas  |
|--|
| ND: No determinado.<br>LD: Límite de Detección.<br>SM: <i>Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater</i> , 24th. Edition 2023.<br>*: Parametro Subcontratado<br><br>Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.<br>Laboratorio Hidrolab S.A.C declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió<br>Prohibida toda reproducción parcial o total de este informe sin autorización del laboratorio.<br><br>Hidrolab es un laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA con registro N°LE-077 ; de acuerdo a NTP-ISO 17025:2017 |



Raquel Rosales Torres  
Jefe de Laboratorio  
CIP N° 209612

Código de Validación: d97eac2d828f4075aaa15dcabd66feda

La validación de este documento puede ser realizada en: [portal.mylimsweb.cloud](https://portal.mylimsweb.cloud).

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 29-01-2024 12:28

| Identificación del Cliente                   |                     |
|--|---------------------|
| Cliente: ERNESTINA JULISSA JACINTO BONIFACIO |                     |
| Dirección: Universidad de Huánuco - Peru     |                     |
| Contacto: Ernestina Jacinto Bonifacio        | Teléfono: 986678821 |

| Nº Muestra: 33857-1/2024.0 - Id: 964860 - ANALISIS DE PLOMO EN AGUA DE PROCESOS |   |
|---|---|
| Matriz: Agua de procesos  |   |
| Término de muestreo: 16-01-2024 18:00   | Fecha de Recepción: 17-01-2024 17:33                                  |
| Departamento: Huánuco   | Provincia: Huánuco  |
| Distrito: Amapari   | Punto de muestreo: M23 - CA - CV                                      |
| Dirección de muestreo: Laboratorio UDH - La Esperanza.                          | Tipo de muestreo: Puntual   |
| Coordenadas: E: 366259 ; N: 8906439   | Muestreado por: El Cliente  |
| Instrumento ambiental: ---  | Proyecto: Absorción de plomo con carbón activado de cáscara de limón. |

| Resultados Analíticos |
|-----------------------|
|-----------------------|

| Análisis No Acreditados |
|-------------------------|
|-------------------------|

| Parámetro | Resultado    | LD           | Referencia        | Fecha y Hora Análisis |
|-----------|--------------|--------------|-------------------|-----------------------|
| Plomo     | 18,7 mg Pb/L | 0,02 mg Pb/L | SM 3030 E, 3111 B | 26-01-2024 16:51      |

| Notas   |
|---|
| ND: No determinado.<br>LD: Límite de Detección.<br>SM: <i>Standard Methods</i> for the Examination of Water and Wastewater, 24th. Edition 2023.<br>*: Parametro Subcontratado<br><br>Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.<br>Laboratorio Hidrolab S.A.C declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió<br>Prohibida toda reproducción parcial o total de este informe sin autorización del laboratorio.<br><br>Hidrolab es un laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA con registro N°LE-077 ; de acuerdo a NTP-ISO 17025:2017 |



Raquel Rosales Torres  
Jefe de Laboratorio  
CIP N° 209612

Código de Validación: b22e71ce20fc42629fe226db309e1b77

La validación de este documento puede ser realizada en: [portal.mylimsweb.cloud](https://portal.mylimsweb.cloud).



(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 29-01-2024 12:27

| Identificación del Cliente                   |                     |
|--|---------------------|
| Cliente: ERNESTINA JULISSA JACINTO BONIFACIO |                     |
| Dirección: Universidad de Huánuco - Peru     |                     |
| Contacto: Ernestina Jacinto Bonifacio        | Teléfono: 986678821 |

| N° Muestra: 33858-1/2024.0 - Id: 964861 - ANALISIS DE PLOMO EN AGUA DE PROCESOS |   |
|---|---|
| Matriz: Agua de procesos  |   |
| Término de muestreo: 16-01-2024 18:00   | Fecha de Recepción: 17-01-2024 17:37                                  |
| Departamento: Huánuco   | Provincia: Huánuco  |
| Distrito: Amarilis  | Punto de muestreo: M24 - CA - CV                                      |
| Dirección de muestreo: Laboratorio UDH - La Esperanza.                          | Tipo de muestreo: Puntual   |
| Coordenadas: E: 366259 ; N: 8906439   | Muestreado por: El Cliente  |
| Instrumento ambiental: ---  | Proyecto: Absorción de plomo con carbón activado de cáscara de limón. |

#### Resultados Analíticos

#### Análisis No Acreditados

| Parámetro | Resultado    | LD           | Referencia        | Fecha y Hora Análisis |
|-----------|--------------|--------------|-------------------|-----------------------|
| Plomo     | 23,4 mg Pb/L | 0,02 mg Pb/L | SM 3030 E, 3111 B | 26-01-2024 16:52      |

| Notas   |
|---|
| ND: No determinado.<br>LD: Límite de Detección.<br>SM: <i>Standard Methods</i> for the Examination of Water and Wastewater, 24th. Edition 2023.<br>*: Parametro Subcontratado<br><br>Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.<br>Laboratorio Hidrolab S.A.C declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió<br>Prohibida toda reproducción parcial o total de este informe sin autorización del laboratorio.<br><br>Hidrolab es un laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA con registro N°LE-077 ; de acuerdo a NTP-ISO 17025:2017 |



Raquel Rosales Torres  
Jefe de Laboratorio  
CIP N° 209612

**Código de Validación:** 14fba6e59164e7bb13507c8372f10d5La validación de este documento puede ser realizada en: [portal.mylmsweb.cloud](https://portal.mylmsweb.cloud).

| Prueba de homogeneidad de varianzas |   |                       |     |       |       |
|-------------------------------------|---|-----------------------|-----|-------|-------|
|                                     |   | Estadístico de Levene | gl1 | gl2   | Sig.  |
| Concentración inicial de Pb(mg/L)   | Se basa en la media                     | 4.716                 | 3   | 8     | 0.035 |
|                                     | Se basa en la mediana                   | 1.329                 | 3   | 8     | 0.331 |
|                                     | Se basa en la mediana y con gl ajustado | 1.329                 | 3   | 3.884 | 0.386 |
|                                     | Se basa en la media recortada           | 4.377                 | 3   | 8     | 0.042 |

Comparaciones múltiples del porcentaje de remoción de plomo con carbón activado de cascare verde

/

| Comparaciones múltiples |       |       |                            |             |       |                               |                 |
|-------------------------|-------|-------|----------------------------|-------------|-------|-------------------------------|-----------------|
| Variable dependiente:   |       |       |                            |             |       |                               |                 |
| (I) VAR00003            |       |       | Diferencia de medias (I-J) | Desv. Error | Sig.  | Intervalo de confianza al 95% |                 |
|                         |       |       |                            |             |       | Límite inferior               | Límite superior |
| HSD Tukey               | ,00   | 20,00 | -97,05333 <sup>*</sup>     | 3.73827     | 0.000 | -109.0182                     | -85.0885        |
|                         |       | 40,00 | -89,58667 <sup>*</sup>     | 3.73827     | 0.000 | -101.5315                     | -77.6018        |
|                         |       | 60,00 | -67,83330 <sup>*</sup>     | 3.73827     | 0.000 | -79.7982                      | -55.8684        |
|                         | 20,00 | ,00   | 97,05333 <sup>*</sup>      | 3.73827     | 0.000 | 85.0885                       | 109.0182        |
|                         |       | 40,00 | 7.48667                    | 3.73827     | 0.263 | -4.4782                       | 19.4515         |
|                         |       | 60,00 | 29,22003 <sup>*</sup>      | 3.73827     | 0.000 | 17.2552                       | 41.1849         |
|                         | 40,00 | ,00   | 89,58667 <sup>*</sup>      | 3.73827     | 0.000 | 77.6018                       | 101.5315        |
|                         |       | 20,00 | -7.48667                   | 3.73827     | 0.263 | -19.4515                      | 4.4782          |
|                         |       | 60,00 | 21,73337 <sup>*</sup>      | 3.73827     | 0.002 | 9.7685                        | 33.6982         |
|                         | 60,00 | ,00   | 67,83330 <sup>*</sup>      | 3.73827     | 0.000 | 55.8684                       | 79.7982         |
|                         |       | 20,00 | -29,22003 <sup>*</sup>     | 3.73827     | 0.000 | -41.1849                      | -17.2552        |
|                         |       | 40,00 | -21,73337 <sup>*</sup>     | 3.73827     | 0.002 | -33.6982                      | -9.7685         |
| DMS                     | ,00   | 20,00 | -97,05333 <sup>*</sup>     | 3.73827     | 0.000 | -105.6692                     | -88.4375        |
|                         |       | 40,00 | -89,58667 <sup>*</sup>     | 3.73827     | 0.000 | -98.1825                      | -80.9508        |
|                         |       | 60,00 | -67,83330 <sup>*</sup>     | 3.73827     | 0.000 | -76.4492                      | -59.2174        |
|                         | 20,00 | ,00   | 97,05333 <sup>*</sup>      | 3.73827     | 0.000 | 88.4375                       | 105.6692        |
|                         |       | 40,00 | 7.48667                    | 3.73827     | 0.080 | -1.1292                       | 16.1025         |
|                         |       | 60,00 | 29,22003 <sup>*</sup>      | 3.73827     | 0.000 | 20.6042                       | 37.8359         |
|                         | 40,00 | ,00   | 89,58667 <sup>*</sup>      | 3.73827     | 0.000 | 80.9508                       | 98.1825         |
|                         |       | 20,00 | -7.48667                   | 3.73827     | 0.080 | -16.1025                      | 1.1292          |
|                         |       | 60,00 | 21,73337 <sup>*</sup>      | 3.73827     | 0.000 | 13.1175                       | 30.3492         |
|                         | 60,00 | ,00   | 67,83330 <sup>*</sup>      | 3.73827     | 0.000 | 59.2174                       | 76.4492         |
|                         |       | 20,00 | -29,22003 <sup>*</sup>     | 3.73827     | 0.000 | -37.8359                      | -20.6042        |
|                         |       | 40,00 | -21,73337 <sup>*</sup>     | 3.73827     | 0.000 | -30.3492                      | -13.1175        |

Comparaciones múltiples del porcentaje de remoción de plomo con carbón activado de cascare verde

## Porcentaje de remoción

| Porcentaje de remoción (%)    |       |   |                              |         |         |
|-------------------------------|-------|---|------------------------------|---------|---------|
| Concentración de Plomo (mg/L/ |       | N | Subconjunto para alfa = 0.05 |         |         |
|                               |       |   | 1                            | 2       | 3       |
| HSD Tukey <sup>a</sup>        | ,00   | 3 | 0.0000                       |         |         |
|                               | 60,00 | 3 |                              | 67.8333 |         |
|                               | 40,00 | 3 |                              |         | 89.5667 |
|                               | 20,00 | 3 |                              |         | 97.0533 |
|                               | Sig.  |   | 1.000                        | 1.000   | 0.263   |
| Duncan <sup>a</sup>           | ,00   | 3 | 0.0000                       |         |         |
|                               | 60,00 | 3 |                              | 67.8333 |         |
|                               | 40,00 | 3 |                              |         | 89.5667 |
|                               | 20,00 | 3 |                              |         | 97.0533 |
|                               | Sig.  |   | 1.000                        | 1.000   | 0.080   |

*Nota.* Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Prueba de homogeneidad de varianzas del % de remoción con carbón activado de cascara maduro

| Prueba de homogeneidad de varianzas |   |                       |     |       |       |
|-------------------------------------|---|-----------------------|-----|-------|-------|
|                                     |   | Estadístico de Levene | gl1 | gl2   | Sig.  |
| VAR00002                            | Se basa en la media                     | 5.838                 | 3   | 8     | 0.021 |
|                                     | Se basa en la mediana                   | 1.409                 | 3   | 8     | 0.310 |
|                                     | Se basa en la mediana y con gl ajustado | 1.409                 | 3   | 2.972 | 0.394 |
|                                     | Se basa en la media recortada           | 5.361                 | 3   | 8     | 0.026 |

Comparaciones múltiples del porcentaje de remoción de plomo con carbón activado de cascare verde

| Comparaciones múltiples |       |       |                            |             |       |                               |                 |
|-------------------------|-------|-------|----------------------------|-------------|-------|-------------------------------|-----------------|
| Variable dependiente:   |       |       |                            |             |       |                               |                 |
| (I) VAR00001            |       |       | Diferencia de medias (I-J) | Desv. Error | Sig.  | Intervalo de confianza al 95% |                 |
|                         |       |       |                            |             |       | Límite inferior               | Límite superior |
| HSD Tukey               | ,00   | 20,00 | -98,03200 <sup>*</sup>     | 2.28378     | 0.000 | -105.3455                     | -90.7185        |
|                         |       | 40,00 | -93,58333 <sup>*</sup>     | 2.28378     | 0.000 | -100.8968                     | -86.2699        |
|                         |       | 60,00 | -81,79433 <sup>*</sup>     | 2.28378     | 0.000 | -89.1078                      | -74.4809        |
|                         | 20,00 | ,00   | 98,03200 <sup>*</sup>      | 2.28378     | 0.000 | 90.7185                       | 105.3455        |
|                         |       | 40,00 | 4.44867                    | 2.28378     | 0.282 | -2.8648                       | 11.7621         |
|                         |       | 60,00 | 16,23767 <sup>*</sup>      | 2.28378     | 0.000 | 8.9242                        | 23.5511         |
|                         | 40,00 | ,00   | 93,58333 <sup>*</sup>      | 2.28378     | 0.000 | 86.2699                       | 100.8968        |
|                         |       | 20,00 | -4.44867                   | 2.28378     | 0.282 | -11.7621                      | 2.8648          |
|                         |       | 60,00 | 11,78900 <sup>*</sup>      | 2.28378     | 0.004 | 4.4755                        | 19.1025         |
|                         | 60,00 | ,00   | 81,79433 <sup>*</sup>      | 2.28378     | 0.000 | 74.4809                       | 89.1078         |
|                         |       | 20,00 | -16,23767 <sup>*</sup>     | 2.28378     | 0.000 | -23.5511                      | -8.9242         |
|                         |       | 40,00 | -11,78900 <sup>*</sup>     | 2.28378     | 0.004 | -19.1025                      | -4.4755         |
| DMS                     | ,00   | 20,00 | -98,03200 <sup>*</sup>     | 2.28378     | 0.000 | -103.2984                     | -92.7656        |
|                         |       | 40,00 | -93,58333 <sup>*</sup>     | 2.28378     | 0.000 | -98.8497                      | -88.3169        |
|                         |       | 60,00 | -81,79433 <sup>*</sup>     | 2.28378     | 0.000 | -87.0607                      | -76.5279        |
|                         | 20,00 | ,00   | 98,03200 <sup>*</sup>      | 2.28378     | 0.000 | 92.7656                       | 103.2984        |
|                         |       | 40,00 | 4.44867                    | 2.28378     | 0.087 | -0.8177                       | 9.7151          |
|                         |       | 60,00 | 16,23767 <sup>*</sup>      | 2.28378     | 0.000 | 10.9713                       | 21.5041         |
|                         | 40,00 | ,00   | 93,58333 <sup>*</sup>      | 2.28378     | 0.000 | 88.3169                       | 98.8497         |
|                         |       | 20,00 | -4.44867                   | 2.28378     | 0.087 | -9.7151                       | 0.8177          |
|                         |       | 60,00 | 11,78900 <sup>*</sup>      | 2.28378     | 0.001 | 6.5226                        | 17.0554         |
|                         | 60,00 | ,00   | 81,79433 <sup>*</sup>      | 2.28378     | 0.000 | 76.5279                       | 87.0607         |
|                         |       | 20,00 | -16,23767 <sup>*</sup>     | 2.28378     | 0.000 | -21.5041                      | -10.9713        |
|                         |       | 40,00 | -11,78900 <sup>*</sup>     | 2.28378     | 0.001 | -17.0554                      | -6.5226         |

Resultados con nivel de significancia 0.05

| VAR00002                     |       |   |                              |         |         |
|------------------------------|-------|---|------------------------------|---------|---------|
| VAR00001                     |       | N | Subconjunto para alfa = 0.05 |         |         |
|                              |       |   | 1                            | 2       | 3       |
| <u>HSD Tukey<sup>a</sup></u> | ,00   | 3 | 0.0000                       |         |         |
|                              | 60,00 | 3 |                              | 81.7943 |         |
|                              | 40,00 | 3 |                              |         | 93.5833 |
|                              | 20,00 | 3 |                              |         | 98.0320 |
|                              | Sig.  |   | 1.000                        | 1.000   | 0.282   |
| <u>Duncan<sup>a</sup></u>    | ,00   | 3 | 0.0000                       |         |         |
|                              | 60,00 | 3 |                              | 81.7943 |         |
|                              | 40,00 | 3 |                              |         | 93.5833 |
|                              | 20,00 | 3 |                              |         | 98.0320 |
|                              | Sig.  |   | 1.000                        | 1.000   | 0.087   |

Nota. Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Estadísticas de muestras emparejadas con carbón activado de cascara verde y madura

| Estadísticas de muestras emparejadas |                         |         |   |                            |                                   |
|--------------------------------------|-------------------------|---------|---|----------------------------|-----------------------------------|
|                                      |                         | Media   | N | <u>Desv.</u><br>Desviación | <u>Desv.</u><br>Error<br>promedio |
| Par 1                                | Cascara Madura a 20mg/L | 98.0320 | 3 | 0.35188                    | 0.20316                           |
|                                      | Cascara Verde a 20mg/L  | 97.0533 | 3 | 1.24299                    | 0.71764                           |
| Par 2                                | Cascara Madura a 40mg/L | 93.5833 | 3 | 3.12393                    | 1.80360                           |
|                                      | Cascara Verde a 40mg/L  | 89.5667 | 3 | 6.43061                    | 3.71271                           |
| Par 3                                | Cascara Madura a 60mg/L | 81.7943 | 3 | 4.62723                    | 2.67153                           |
|                                      | Cascara Verde a 60mg/L  | 67.8333 | 3 | 6.39224                    | 3.69056                           |

Correlaciones de muestras emparejadas de carbón activado de cascara verde y madura a concentraciones diferentes de Plomo

| Correlaciones de muestras emparejadas |  |   |             |       |
|---------------------------------------|--|---|-------------|-------|
|                                       |  | N | Correlación | Sig.  |
| Par 1                                 | Cascara Madura a 20mg/L & Cascara Verde a 20mg/L | 3 | -0.517      | 0.654 |
| Par 2                                 | Cascara Madura a 40mg/L & Cascara Verde a 40mg/L | 3 | -0.706      | 0.501 |
| Par 3                                 | Cascara Madura a 60mg/L & Cascara Verde a 60mg/L | 3 | 0.667       | 0.535 |

Prueba de muestras emparejadas de carbón activado cascara verde y madura a concentraciones diferentes de solución de plomo.

| Prueba de muestras emparejadas |  |                         |                                |                                       |  |          |       |    |                     |
|--------------------------------|--|-------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|--|----------|-------|----|---------------------|
|                                |  | Diferencias emparejadas |                                |                                       |  |          | t     | gl | Sig.<br>(bilateral) |
|                                |  | Media                   | <del>Desv.</del><br>Desviación | <del>Desv.</del><br>Error<br>promedio | 95% de intervalo de<br>confianza de la<br>diferencia |          |       |    |                     |
|                                |  |                         |                                |                                       | Inferior   | Superior |       |    |                     |
| Par<br>1                       | Cascara<br>Madura<br>a<br>20mg/L -<br>Cascara<br>Verde a<br>20mg/L | 0.97867                 | 1.45654                        | 0.84094                               | -2.63959   | 4.59692  | 1.164 | 2  | 0.365               |
| Par<br>2                       | Cascara<br>Madura<br>a<br>40mg/L -<br>Cascara<br>Verde a<br>40mg/L | 4.01667                 | 8.91492                        | 5.14703                               | -18.12923  | 26.16256 | 0.780 | 2  | 0.517               |
| Par<br>3                       | Cascara<br>Madura<br>a<br>60mg/L -<br>Cascara<br>Verde a<br>60mg/L | 13.96103                | 4.77642                        | 2.75767                               | 2.09575  | 25.82631 | 5.063 | 2  | 0.037               |



## ANEXO 10

### PANEL FOTOGRÁFICO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

**Fotografía 1**

*Selección de las cáscaras verdes y maduras del limón*



**Fotografía 2**

*Secado de las ambas cáscaras a 110° en la estufa*





**Fotografía 3**  
*Secado, impregnación con NaOH y lavado*



**Fotografía 4**  
*Caracterización de la materia prima*



### Fotografía 5

*Proceso para determinar el contenido volátil de la cáscara*





**Fotografía 6**  
*Pre la supervisión del docente asesor*



**Fotografía 7**  
*Evaluación del carbón activado*



## Fotografía 8

Proceso de adsorción de plomo con carbón activado, con la supervisión del jurado

