



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Bioadsorbente con cáscara de piña para el tratamiento de aguas  
contaminados por plomo del río Chillón, Lima, 2023

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Ambiental

**AUTOR:**

Lazaro Cordova, Henry Michael (orcid.org/0000-0001-6854-7211)

**ASESOR:**

**Mgr.** Bañón Arias, Jonnatan Víctor (orcid.org/0000-0002-0996-9593)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

Tratamiento y Gestión de los Residuos

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

**LIMA - PERÚ**

**2023**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de investigación se lo dedico en primer lugar a mis padres, en especial a mi padre que, aunque ya no está a mi lado en cuerpo, el recuerdo de sus enseñanzas siempre me hizo sentir que él estaba presente, en segundo lugar, a mi hermana que siempre estuvo dándome ánimos para continuar cuando las cosas se ponían difíciles y finalmente a mi amada compañera que siempre ha estado ahí para apoyarme.

**Defilia cordova, María Lázaro y  
Stefany Luna**

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, a mi asesor tanto de proyecto como de desarrollo, ya que gracias a sus conocimientos he podido cumplir este gran objetivo, sé que pude avanzar gracias a su empuje y dedicación brindada a mi persona, del mismo modo a todas las personas que hicieron posible el desarrollo de esta tesis. Un reconocimiento especial a mis familiares y amigos que siempre creyeron en mí, aun con las dificultades que se presentaron, sobre todo a Dios por darme la salud y permitirme llegar a mi meta.



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR**

Yo, BAÑON ARIAS JONNATAN VICTOR, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis Completa titulada: "BIOADSORBENTE CON CÁSCARA DE PIÑA PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS CONTAMINADOS POR PLOMO DEL RÍO CHILLÓN, LIMA, 2023", cuyo autor es LAZARO CORDOVA HENRY MICHAEL, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 18.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis Completa cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 26 de Julio del 2023

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
BAÑON ARIAS JONNATAN VICTOR <b>DNI:</b> 43661382 <b>ORCID:</b> 0000-0002-0996-9593	Firmado electrónicamente por: JBANONAR el 26-07-2023 12:57:14

Código documento Trilce: TRI - 0621122





**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR**

Yo, LAZARO CORDOVA HENRY MICHAEL estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "BIOADSORBENTE CON CÁSCARA DE PIÑA PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS CONTAMINADOS POR PLOMO DEL RÍO CHILLÓN, LIMA, 2023", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda citatextual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro gradoacadémico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, nicopiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
HENRY MICHAEL LAZARO CORDOVA <b>DNI:</b> 40860171 <b>ORCID:</b> 0000-0001-6854-7211	Firmado electrónicamente por: HLAZAROCO6 el 26- 07-2023 09:48:14

Código documento Trilce: TRI - 0621125

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTOS .....	iii
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR.....	iv
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR .....	v
ÍNDICE DE TABLAS .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT .....	xii
I.- INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III.- METODOLOGÍA .....	12
3.1.- Tipo, diseño y nivel de investigación .....	12
3.2.- Variables y Operalización .....	13
3.3.- Población, Muestra, Muestreo y unidad de análisis.....	13
3.4.- Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	16
3.5.- Fases para el desarrollo de la tesis.....	18
3.7.- Aspectos éticos.....	36
IV.- RESULTADOS .....	37
V.- DISCUSIÓN.....	69
VI.- CONCLUSIONES .....	73
VII.- RECOMENDACIONES .....	74
REFERENCIAS.....	75
ANEXOS.....	81

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	17
Tabla 2. Validación de instrumentos, Prueba V de Alken.....	18
Tabla 3. Georreferenciación de la zona de estudio y muestreo .....	20
Tabla 4. Análisis granulométrico del biocarbón de piña (método: norma ASTM D 422) .....	26
Tabla 5. Evaluación del bioadsorbente de piña y tiempos de contacto.....	28
Tabla 6. Medida del caudal del río Chillón.....	37
Tabla 7. Plomo (II) inicial (método EPA 3050).....	37
Tabla 8. Parámetro físico- químicos del agua del río Chillón (método Potenciométrico) .....	38
Tabla 9. Parámetros biológicos del agua del río Chillón .....	38
Tabla 10. Parámetros gravimétricos del agua del río Chillón.....	39
Tabla 11. Rendimiento de la cáscara de piña.....	40
Tabla 12. Características físicas del bioadsorbente. ....	40
Tabla 13. Variación del pH y la turbidez (método Espectrofotométrico) .....	41
Tabla 14. Determinación de la curva de calibración.....	41
Tabla 15. Capacidad de adsorción (método Espectrofotométrico UV/VIS).....	42
Tabla 16. Cinética de la adsorción de la cáscara de piña (método espectrofotometría UV/VIS) .....	43
Tabla 17. Determinación de la concentración de equilibrio.....	44
Tabla 18. Isoterma de Langmuir 1.00 mm.....	45
Tabla 19. Isoterma de Langmuir (malla Nº 30 – 0,6 mm).....	46
Tabla 20. Tiempo de retención .....	47
Tabla 21. Parámetros físicos - químicos del agua del río Chillón malla 1 mm... 48	
Tabla 22. Parámetros físicos - químicos del agua del río Chillón para malla 0,6 mm.....	48
Tabla 23. Parámetros físicos - químicos del agua del río Chillón malla 1+0,6 mm .....	49
Tabla 24. Parámetros biológicos del agua del río Chillón en malla 1mm.....	50
Tabla 25. Parámetros biológicos del agua del río Chillón en malla 0,6mm .....	51
Tabla 26. Determinación de parámetros biológicos para la granulometría combinada de mallas 1+0,6 mm .....	51
Tabla 27. Análisis de parámetros gravimétricos para la malla 1 mm .....	52

<i>Tabla 28. Análisis de parámetros gravimétricos para la malla 0.6 mm</i>	53
<i>Tabla 29. Análisis de parámetros gravimétricos para la malla 1+ 0,6 mm</i>	53
<i>Tabla 30. Determinación de la concentración de plomo (II) en el adsorbente y adsorbato, malla 1mm</i>	54
<i>Tabla 31. Determinación de la concentración de plomo (II) en el adsorbente y adsorbato, malla 0,6 mm</i>	55
<i>Tabla 32. Determinación de la concentración de plomo (II) en el adsorbente y adsorbato, malla 1+ 0,6 mm</i>	56
<i>Tabla 33. Concentración de plomo en el adsorbato</i>	57
<i>Tabla 34. Pruebas de normalidad para evaluar la capacidad de adsorción del Pb (II) en el agua contaminada con Plomo.</i>	58
<i>Tabla 35. Capacidad de adsorción del bioadsorbente y la concentración de plomo en el agua del río chillón</i>	59
<i>Tabla 36. Pruebas de normalidad para la obtención del bioadsorbente de cáscara de piña</i>	60
<i>Tabla 37. Correlación entre la elaboración del bioadsorbente de cáscara de piña y el tratamiento del agua contaminada por plomo del río Chillón</i>	60
<i>Tabla 38. Pruebas de normalidad de las características físicas y químicas del Bioadsorbente</i>	61
<i>Tabla 39. Correlación entre las características físicas y químicas del bioadsorbente de cáscara de piña y el tratamiento del agua contaminada por plomo del río Chillón</i>	62
<i>Tabla 40. Pruebas de normalidad de las condiciones de operación del bioadsorbente (Isoterma Langmuir)</i>	63
<i>Tabla 41. Correlación entre las condiciones de operación del bioadsorbente y la bioadsorción del plomo del agua contaminada del río Chillón</i>	63
<i>Tabla 42. Pruebas de normalidad de parámetros físicos y químicos</i>	64
<i>Tabla 43. Prueba de hipótesis de los parámetros físicos y químicos</i>	65
<i>Tabla 44. Pruebas de normalidad de parámetros biológicos</i>	65
<i>Tabla 45. Prueba de hipótesis para parámetros biológicos</i>	66
<i>Tabla 46. Pruebas de normalidad de parámetros gravimétricos</i>	66
<i>Tabla 47. Pruebas de hipótesis de parámetros gravimétricos</i>	67
<i>Tabla 48. Pruebas de normalidad de adsorción de Pb (II) con el biocarbón</i>	68

*Tabla 49. Prueba de hipótesis para la capacidad de adsorción de Pb (II) y la eficiencia..... 68*

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Fases para el Desarrollo de la tesis .....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 2. Mapa del punto de toma de muestra en el río Chillón.....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 3. Toma de muestra del agua del río Chillón.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 4. Toma de datos para medir el caudal .....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 5. Invernadero artesanal para el secado la cáscara de piña.....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 6. Reactor anaeróbico.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 7. Biocarbón de piña después del proceso de pirólisis. ....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 8. Biocarbón de piña pasado por las distintas mallas. ....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 9. Diseño del tratamiento del agua contaminada del rio Chillón .....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 10. Diseño terminado para el tratamiento del agua del rio Chillón. ....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 11. Parámetros fisicoquímicos del agua del río Chillón.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 12. Comportamiento de adsorción del biocarbón a través del tiempo. ...</i>	<i>43</i>
<i>Figura 13. Isotherma malla 1 mm .....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 14. Isotherma de Langmuir - malla 0,6mm .....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 15. Concentración de plomo (II) en el adsorbente y adsorbato .....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 16. Concentración de plomo (II) en el adsorbente y adsorbato, malla 0,6 mm.....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 17. Concentración de plomo (II) en el adsorbente y adsorbato, malla 1+ 0,6 mm.....</i>	<i>56</i>

## RESUMEN

Las aguas del río Chillón ubicado en Puente Piedra, se ven afectadas por una alta contaminación de Pb (II). La presente investigación propone mejorar las condiciones del agua utilizando biocarbón de cáscara de piña, para reducir la concentración del Pb (II) en el cauce del río. Considerando ello, se están desarrollando nuevas tecnologías, entre las que se encuentra la adsorción de metales como el Pb (II) a través de biomásas o bioadsorbentes. La elaboración del bioadsorbente fue a través de pirólisis en tres etapas con diferentes tiempos, siendo la temperatura final de 250°C. Acto seguido, se hizo un análisis granulométrico para determinar, cuál era el adecuado para esta investigación, siendo las elegidas la de 1 mm, la de 0,6 mm y una combinación al 50% de las dos. Para la capacidad de adsorción se utilizó la isoterma de Langmuir. Se obtuvo como resultado, una reducción de 86,05% de Pb (II) en el agua del río Chillón, en la malla N°30 de tamaño de partícula de 0,6 mm quien fue la más eficiente, asimismo se mejoró los parámetros como conductividad eléctrica, potencial redox, turbidez, OD, DQO, DBO, ST, SD y SST, obteniendo así un recurso más sostenible y favorable para el riego de cultivos.

**Palabras clave:** Bioadsorción, biocarbón, Pb (II), granulometría, eficiencia.

## **ABSTRACT**

The waters of the Chillón river located in Puente Piedra, are affected by high Pb (II) contamination. The present investigation proposes to improve the water conditions using pineapple peel biochar, to reduce the concentration of Pb (II) in the riverbed. Considering this, new technologies are being developed, among which is the adsorption of metals such as Pb (II) through biomass or bioadsorbents. The elaboration of the bioadsorbent was through pyrolysis in three stages with different times, with the final temperature being 250°C. Immediately afterwards, a granulometric analysis was made to determine which one was suitable for this investigation, the 1 mm, the 0.6 mm and a 50% combination of the two being chosen. The Langmuir isotherm was used for the adsorption capacity. As a result, a reduction of 86.05% of Pb (II) was obtained in the water of the Chillón river, in the mesh No. 30 with a particle size of 0.6 mm, which was the most efficient, and the parameters were also improved. such as electrical conductivity, redox potential, turbidity, DO, COD, BOD, ST, SD and SST, thus obtaining a more sustainable and favorable resource for crop irrigation.

Keywords: Bioadsorption, biochar, Pb (II), granulometry, efficiency.

## I.- INTRODUCCIÓN

La calidad del agua se ha visto alterada desde la revolución industrial, el proceso de crecimiento de la tecnología ha traído consigo grandes avances, pero a su vez, también provoca daños a los recursos que son utilizados para dicho fin. Esta es la realidad del recurso más importante para todo ser vivo como es el agua, el mismo que, está siendo contaminado por los desechos que las empresas arrojan a los cuerpos receptores como son los lagos, humedales, los ríos entre otros. Dichos desechos son el resultado de las sustancias químicas que las empresas utilizan en sus procesos que, al no ser correctamente tratados, contaminan los cuerpos receptores donde son arrojados (Menéndez y Muñoz, 2021).

En el mundo las fábricas generan contaminantes a través de los fluidos industriales que desechan, cuyo destino final es un cuerpo de agua, los mismos que trasladan metales pesados y como resultado producen enfermedades, otros generadores en menor escala son las aguas residuales domésticas, las que son productos de actividades agrícolas. Del total de contaminantes desechados el 42% pertenecen a metales pesados. Un claro ejemplo se muestra en el sistema hidrológico Zahuapan-Atoyac cuyos valores en As y Pb estuvieron entre 127,7 mg kg<sup>-1</sup> y 89,5 mg kg<sup>-1</sup>, correspondientemente (Flores *et al.*, 2018).

En el territorio nacional, se sabe que el plomo es un contaminante químico muy tóxico y son estos los que son encontrados con más frecuencias en las aguas residuales industriales, este elemento tiene un efecto muy nocivo para los seres vivos como son la flora y fauna y por supuesto las personas, sobre todo porque afecta al cerebro, al corazón, al estómago y a la sangre, resaltando esta afección en los niños ya que en ellos reduce su capacidad intelectual y en casos más severos provoca la muerte (DIGESA, 2020).

En Lima metropolitana, el problema de contaminación por iones metálicos como el plomo en los ríos es muy alarmante, así lo demuestra un estudio realizado a las hortalizas consumidas en los mercados por los pobladores de esta ciudad. Se consideró para esta investigación a la lechuga, según Madueño (2018) los resultados demostraron que, de 40 muestras tomadas el 40% de ellas estaban contaminadas con 1,279 ppm de plomo, siendo este un valor que está por encima de lo permitido por la OMS cuyo valor es 0,05 ppm.

Considerando los efectos peligrosos del plomo y otros elementos que se encuentran en los efluentes industriales, actualmente se han elaborado diferentes metodologías científicas, para la eliminación de iones metálicos en dichos efluentes, entre los métodos que más son empleados se tienen: filtración por membrana, Intercambio Iónico, precipitación química, coagulación-floculación, flotación y adsorción (Esteban y Baracaldo, 2020).

La adsorción a través de residuos biológicos (bioadsorción), es una alternativa de remoción de los iones metálicos que están dentro de los remanentes industriales, ya que no solo remueve los metales sino también permite darles un mejor uso a los residuos agrícolas que antes simplemente se desechaban. En la actualidad muchos estudios se han realizado con residuos orgánicos como la corteza del árbol Pirul, la cáscara de diferentes frutas como también residuos de hortalizas. Los beneficios de este método son un bajo costo, alta eficiencia, reducción de lodos biológicos y productos químicos (Ponce et al., 2022).

Las aguas del río Chillón, se ven afectadas por una alta contaminación de plomo (Pb II), a la altura del km 14 de la panamericana norte en la zona aledaña al fundo Soriano cerca al puente del río Chillón ubicado en Puente Piedra. En dicho punto, la presente investigación propone mejorar las condiciones del agua utilizando biocarbón de cáscara de piña, para reducir la concentración de Pb (II) existentes en el cauce del río, que es utilizado para el riego de campos de sembríos que se encuentran en el fundo chuquitanta, para así lograr un agua apta para ese propósito y se pueda contribuir a la sostenibilidad de los suelos agrícolas.

Por lo expuesto, el bioadsorbente con cáscara de piña para el tratamiento de aguas contaminadas por plomo es una alternativa amigable con el ambiente, en la disminución de metales pesados (Santander et al., 2021).

Considerando esta perspectiva, se plantea como **problema general**: ¿Cuál es la capacidad de adsorción del bioadsorbente con cáscara de piña para el tratamiento de aguas contaminadas por plomo del río Chillón, Lima 2023?. Del mismo modo se planteó los siguientes **problemas específicos**: ¿Cómo se obtendrá el bioadsorbente de cáscara de piña para el tratamiento del agua contaminada por plomo del río Chillón, Lima-2023?, ¿Cuáles son las

características físicas y químicas del bioadsorbente de cáscara de piña para el tratamiento del agua contaminada por plomo del río Chillón, Lima-2023?, ¿Cuáles son las condiciones de operación del bioadsorbente de cáscara de piña para el tratamiento del agua contaminada por plomo del río Chillón, Lima-2023?, ¿Cuáles son las características físicas, químicas, gravimétricas, y biológicas antes y después del tratamiento con el bioadsorbente de cáscara de piña?, ¿Cuál es la eficiencia de adsorción del bioadsorbente de cáscara de piña para el tratamiento del agua contaminada por plomo del río Chillón, Lima-2023?.

El presente proyecto de investigación se justifica tomando en cuenta que, uno de los problemas que más aqueja al Perú, es la contaminación por iones metálicos en los cuerpos receptores, considerando ello, la contaminación del agua del río Chillón por  $Pb^{2+}$ , ha motivado a realizar la reducción de este metal pesado altamente nocivo para los ecosistemas y la salud de las personas, es por eso que, se están desarrollando nuevas tecnologías, entre las que se encuentra la adsorción de metales como el plomo a través de biomásas o bioadsorbentes. Este método, es una alternativa asequible por ser de bajo costo y altamente eficiente, sobre todo, porque se emplea una mínima cantidad de químicos en su proceso. Además, la materia prima para esta investigación es de fácil acceso y abundante. En lo social, el tratamiento del agua con el bioadsorbente de cáscara de piña permitirá que las aguas superficiales, que son utilizados en campos de cultivos como el fundo de Chuquitanta, no estén por encima de los estándares establecidos en cuerpos de agua para riego agrícola, y así no perjudiquen la salud de los animales y las personas más vulnerables obteniéndose un agua aceptable y sostenible. Del mismo modo, En lo económico, se le dará un valor agregado a un residuo como es la cáscara de piña, que en los lugares de expendio ocasionan contaminación en el aire, y que su descomposición origina la aparición de gérmenes patógenos. Dicho valor, permitirá tener un agua de calidad de riego que sea viable. En lo ambiental, tiene gran importancia porque al convertir la cáscara de piña en biocarbón, esta reduce la contaminación del agua de río y por ende de los suelos de cultivo. Además, permite una calidad de vida mejor porque las aguas ya no traerán contaminantes, haciendo que las personas que viven en su radio de influencia y los que

consumen sus productos, no adquieran ningún tipo de enfermedades originada por este contaminante.

Por lo ya mencionado se plantea como **objetivo general**: Evaluar la capacidad de adsorción del bioadsorbente de cáscara de piña para el tratamiento del agua contaminada por plomo del río Chillón, Lima-2023. Del mismo modo se planteó los siguientes **objetivos específicos**: Determinar la obtención del bioadsorbente de cáscara de piña para el tratamiento del agua contaminada por plomo del río Chillón, Lima-2023, determinar las características físicas y químicas del bioadsorbente de cáscara de piña para el tratamiento del agua contaminada por plomo del río Chillón, Lima-2023, determinar las condiciones de operación del bioadsorbente de cáscara de piña para el tratamiento del agua contaminada por plomo del río Chillón, Lima-2023, determinar las características físicas, químicas, gravimétricas, y biológicas del agua del río Chillón, antes y después del tratamiento con el bioadsorbente de cáscara de piña, determinar la eficiencia de adsorción del del bioadsorbente de cáscara de piña para el tratamiento del agua contaminada por plomo del río Chillón, Lima-2023. De la misma forma se plantea como **hipótesis general**: La capacidad de adsorción del bioadsorbente de cáscara de piña permite tratar el agua contaminada por plomo del río Chillón, Lima-2023. Del mismo modo se planteó las siguientes **hipótesis específicas**: La obtención del bioadsorbente con cáscara de piña influye en el tratamiento del agua contaminada por plomo del río Chillón, Lima-2023, las características físicas y químicas del bioadsorbente de cáscara de piña permiten el tratamiento del agua contaminada por plomo del río Chillón, Lima-2023, las condiciones de operación del bioadsorbente de cáscara de piña influyen en el tratamiento del agua contaminada por plomo del río Chillón, Lima-2023, las características físicas, químicas, biológicas y gravimétricas del agua contaminada por plomo después del tratamiento serán optimizadas, el bioadsorbente con cáscara de piña es eficiente para el tratamiento del agua contaminada por plomo del río Chillón, Lima-2023.

## II. MARCO TEÓRICO

Para el marco teórico de este proyecto, se recopiló como antecedentes datos de artículos relacionados a la bioadsorción con productos orgánicos, para tratar aguas contaminadas con metales pesados, dichos autores mencionan:

En el ámbito internacional, Baldovi *et al.* (2022), en su estudio tuvo como objetivo valorar el potencial de adsorción de la cáscara de plátano no modificada, para la reducción del ion metálico Pb (II) en soluciones artificiales. Su metodología fue experimental, en la que la incidencia del tiempo de contacto, el pH y la masa fueron estudiados en prueba de lotes y adicional a ello, se realizó pruebas de filtro de columna para su uso industrial, Como resultado, la reducción de Pb (II) fue de 93,7% en las pruebas de lotes y el 74,8% en las pruebas filtro de columna, las condiciones óptimas fueron de 1 gramos de masa de bioadsorbente, el tiempo de contacto fue de 30 minutos y el pH fue de 3. No obstante, la columna de filtro obtuvo la mayor capacidad de adsorción, siendo esta de  $0,5 \text{ mg g}^{-1}$  de Pb(II), en comparación a los  $0,2 \text{ mg g}^{-1}$  de Pb(II) en la prueba de lotes. En conclusión, la cáscara no modificada de plátano obtuvo mejor capacidad de adsorción que la del carbón activado tradicional.

Del mismo modo, Millán *et al.* (2018), filtro aguas residuales con lechos adsorbentes hechos con material litológico refractario de carga variable. El método fue experimental, se elaboraron diferentes tipos de lechos, el carbonizado con activación con HCL a 0,1N, otro carbonizado sin esa activación de carga positiva. Otro lecho carbonizado activado con NaOH a 0,1 N siendo esta de carga negativa y, por último, otra cambiando carga negativa y positiva al 50%. Los parámetros en esta investigación fueron el pH, conductividad y turbidez. después de filtrar 200 mL, de muestra de agua, la turbidez se redujo a la mitad de su valor inicial, y después de los 600 ml se redujo a un valor menor de 2 NTU, del mismo modo la conductividad reduce al 50 % de su valor inicial. el pH usado se encuentra entre los 6 a 8 durante todo el proceso de filtración siendo el volumen final 1200 mL. Como conclusión los adsorbentes elaborados de lechos son una buena alternativa para disminuir la turbidez y conductividad de aguas residuales por ser de alta efectividad.

De la misma forma, Apolitano y Cevallos (2018), como objetivo Investigó la capacidad de adsorción de carbón activado para la reducción del contenido de colorantes Black NTI, presentes en aguas de teñido de una curtiembre. Su metodología fue experimental y de tipo aplicada. Para ello se estudiaron las propiedades fisicoquímicas del agua de curtiembre, como son la DQO, grasas y aceite, conductividad, ST, SST y el índice de yodo en el carbón. Los parámetros evaluados fueron, tiempo de contacto, dosis y concentración del contaminante. Como resultado, en 100 mL de la muestra a un tiempo de 90 minutos a temperatura ambiente y con 1g del adsorbente, la reducción del contaminante fue de 73,58 %. En conclusión, el carbón activado es un eficaz reductor del contaminante Black NTI en efluentes de una curtiembre.

De la misma forma, Ayob *et al.* (2020), en su investigación estudió el potencial de los desechos de piña y los desechos de piña tratados como adsorbente para la reducción de Pb (II) en medio acuoso. Su metodología fue experimental, la influencia del pH (2, 4, 6), el tiempo de contacto (15, 30, 60, 90 minutos) y la temperatura (30, 60, 90 °C) en el experimento de adsorción también se evaluaron. Como resultado, los residuos de piña tratados con NaOH tienen mayor la eficiencia de adsorción para los iones de plomo, cuyo promedio obtenido fue de 85,88 % y los no tratados obtuvieron un promedio de 52,57 %. El tiempo de contacto óptimo es de 60 minutos, el pH 2,0 a pH 4,0. Como conclusión, se puede evidenciar que los residuos de piña son adecuados para eliminar los iones metálicos Pb<sup>2+</sup> de la solución acuosa y se pueden aplicar para el tratamiento de aguas residuales.

De la misma forma, Sruthi y Shabari (2018), analizó la cáscara de naranja (*Citrus aurantium*) y el gel de aloe vera (*Aloe barbadensis*), como adsorbente para la eliminación del plomo en aguas industriales. El método fue experimental de tipo aplicada, el adsorbente de cáscara de naranja fue secado al ambiente, trozado y molido a malla 250, después del cribado se llevó a secar en una estufa a 80°C por 24 horas y luego se calcinaron a 400 °C por 30 minutos. Para el adsorbente de aloe vera se utilizó la planta de *Aloe barbadensis* que fueron recolectadas de la cercanía a la localidad. Posteriormente se secaron en un horno a 80°C por 24 horas y luego se calcinó a 400 °C por 30 minutos. Como resultado, el *Citrus aurantium* brinda la máxima eficiencia de eliminación de plomo de alrededor del

76 %, durante un período de 90 minutos a 1,5 g como dosis optimizada. Mientras que *Aloe barbadensis* brinda la máxima eficacia de eliminación de plomo de alrededor del 78%, durante un período de 90 minutos a 2,0 g como dosis optimizada. Como conclusión, el *Aloe barbadensis* es más eficiente que *Citrus aurantium* y proporciona una eficiencia de eliminación del 78 % a 2,0 g como dosis óptima y durante un período de 90 minutos.

Del mismo modo, Verdugo (2017), evaluó la capacidad de bioadsorción del plomo y cromo mediante la cáscara de mandarina (*Citrus reticulata* var. *clementina*) de aguas residuales. Su metodología fue experimental y de tipo aplicada, los parámetros de operación del bioadsorbente son la granulometría, humedad, pH, cenizas totales, densidad aparente real y porosidad, tiempo de contacto, tamaño de partícula las que fueron – 0,3 mm, 0,3 a 0,6 y mayores a 0,6 mm y concentración de metales. Como resultado, a un pH 4 la eficiencia para el plomo fue de 71,9 % y para el cromo fue de 54,4% a temperatura ambiente, el tamaño de partícula que obtuvo mejor resultado fue la de – 0,3 mm, se calculó la tasa de retención con las isothermas de Langmuir y Freundlich. En conclusión, este bioadsorbente tiene gran efectividad para la reducción del plomo y para el cromo no es muy efectiva.

De igual manera, Yadav , Jadeja y Thakore (2022), buscó eliminar colorantes e iones de metales pesados simultáneamente, en soluciones acuosas con bioadsorbente modificado *Citrus limetta* (MCL), utilizando diisocianato de hexametileno como agente de reticulación. La metodología utilizada fue la experimental. Como resultado, se obtuvo que el bioadsorbente muestra una eficiencia de eliminación máxima de 99,02 % para azul de metileno y 91,9 % para iones de plomo. Como conclusión, MCL podría ser un bioadsorbente ideal, sostenible y ecológico para la reducción de la contaminación ambiental, debido a su excelente eficiencia de eliminación de contaminantes orgánicos e inorgánicos.

Así también, Foroutan *et al.* (2019), en su estudio evaluó el potencial de bioadsorción de la biomasa de la Jaiba (*Callinectes sapidus*) para el control de cadmio, níquel y plomo en corriente acuosa. Utilizó el método experimental, para lo cual se utilizó análisis de espectro de FTIR, AFM, EDAX, mapeo, SEM, TEM

y XRF, para estudiar las propiedades de la biomasa de Jaiba. El resultado mostró que a través de análisis XRF el bioadsorbente de Jaiba tiene varios óxidos metálicos efectivos que pueden ser útiles para adsorber contaminantes. El mejor modelo para describir los datos de equilibrio fue la isoterma de Freundlich. La capacidad de bioadsorción fue de 31,44 mg g<sup>-1</sup>, 29,23 mg g<sup>-1</sup>, y 29,15 mg g<sup>-1</sup> para iones de plomo, cadmio y níquel, respectivamente. Se puede concluir que, la velocidad de equilibrio del proceso de bioadsorción es alta. Se examinó con éxito la aplicabilidad de campo del bioadsorbente de la Jaiba para eliminar varios contaminantes (iones metálicos, antibióticos, sulfato, nitrato y amonio) de aguas residuales reales.

Así también, Vitor, Ochoa y Moggiano (2022), en su artículo como objetivo evaluó la bioadsorción por hojas de café en agua contaminada del río Mantaro en el centro de Perú. El estudio fue de diseño experimental y de tipo aplicado, dicho proceso inicia secando las hojas de café de la especie (Caturra-árabe *coffea*) y posteriormente molida, luego se añadió en 4 proporciones diferentes para muestras de 250 mL de agua. El mejor resultado se dio con la segunda muestra adsorbiendo plomo (0%), cobre (95,15%), hierro (0%) y zinc (52,38%) con un pH de 7,05 y conductividad eléctrica (664 µS). Se concluye que, el estudio demostró que se puede utilizar la variedad de hoja de café Caturra-Coffea Arábica para la adsorción de cobre y zinc en relación con el pH.

De igual manera, Hernández *et al.* (2018), evaluó la bioadsorción de Pb (II) en aguas artificiales, empleando como bioadsorbentes a la Elodea (*Egeria densa*), vaina de guisantes y claras de café. El método fue experimental, se realizó por medio de pruebas tipo batch para los distintos bioadsorbentes a porcentajes diferente de plomo (II), distintos pH y en relación al tiempo. Como resultado, a pH 4 la Elodea y la vaina de guisantes presentaron mayor eficacia en la remoción del contaminante con un 91% y 72,6%, la dosis óptima para la Elodea y la vaina de los guisantes fue de 20 mg/L. Como conclusión quedó demostrado que la Elodea es un efectivo bioadsorbente para la eliminación de plomo (II) y podría ser considerada una buena alternativa para tratar aguas residuales industriales.

Asimismo, López y Pincay (2020), evaluó la eficiencia de la cáscara de banana (*Musa x paradisiaca*), para la remoción de plomo en aguas residuales

provenientes de la lubricadora “LUBRIAUTOS MAFRISS”. Su metodología fue experimental y de tipo aplicada aleatoria, los parámetros para el agua residual en esta investigación fueron la ST, SST, DQO, DBO5 y el pH. La cáscara de banana fue secado a 45 °C por cinco días, luego fue molido y tamizado para obtener un material de granulometría homogénea, estas se dividieron en concentración diversas de 20 gramos, 30 gramos y 40 gramos, para realizar tres experimentos con cuatro repeticiones en un litro de muestra. El tiempo de contacto fue de cuarenta y ocho horas. Como resultado, los distintos tratamientos disminuyeron la concentración hasta un 99%. En conclusión, este tratamiento es muy efectivo y viable económicamente por ser de bajo costo.

Finalmente, Durango, Vásquez y Zapata (2018), en su investigación estudió el efecto de diferentes parámetros de funcionamiento sobre la adsorción de R40 en matriz acuosa, sobre cáscaras de piña. El método fue de tipo experimental, la cáscara de piña fue sometida a un encalado y posteriormente fue secado y triturado. Como resultado se obtuvo que las cáscaras de piña tienen la capacidad de eliminar el 84% del colorante. Se concluyó afirmando que la cáscara de piña es una opción aliciente para la eliminación de contaminantes por ser accesible, de fácil empleo y porque no requiere un proceso adicional como activante haciéndola desde la perspectiva ambiental un adsorbente amigable.

Las aguas contaminadas son aquella cuya naturaleza ha sido alterada, debido a las sustancias contaminantes que han sido agregadas en ella por causa de la actividad antropogénica (Sánchez *et al.*,2021). Del mismo modo, los metales pesados son elementos inorgánicos muy contaminantes, son tóxicos y causan enfermedades graves como el cáncer (Sánchez *et al.*,2021). Asimismo, el plomo es un elemento químico muy tóxico para el ser humano ya que le provoca serios daños, además se acumula en el tejido del cuerpo de animales y también plantas (Rey *et al.* ,2017).

Por otro lado, la pirolisis consiste en degradar químicamente por acción calorífica los residuos orgánicos y con carencia de oxígeno, esto ocasiona que su estado físico como estructura química sean modificados (Fernández,2020). Asimismo, la bioadsorción es un proceso en el que se remueven los metales pesados de las aguas residuales, este proceso destaca dos fases que son la sólida que es la

biomasa adsorbente y otra líquida el adsorbato, que es el agua donde están aquellos elementos que se adsorberán (Sánchez et al., 2021). Del mismo modo, la cinética de adsorción tiene como objetivo la descripción de la rapidez del proceso de adsorción que se da entre sus elementos (adsorbato y adsorbente), para poder establecer su equilibrio y el tiempo necesario para alcanzarlo. Los modelos frecuentemente utilizados son la cinética el de pseudo-primer orden y pseudo-segundo orden (Acuña, 2018). Asimismo, el modelo cinético de pseudo - primer orden se aplica cuando la adsorción es en fase líquida (Cabrera, 2018).

Las ecuaciones resultantes son:

$$= k_1(q_e - q_t) \dots \text{Ec. (1)}$$

$$q_t = q_e * (1 - e^{-k_1 t}) \dots \text{Ec. (2)}$$

En donde:  $q_t$  (mg/g) = indica la masa adsorbida en un determinado tiempo  $t$ .

$q_e$  (mg/g) = indica los iones adsorbidos en el tiempo de equilibrio

$k_1 t$  = denominada como constante de velocidad cinética de Pseudo primer orden.

Del mismo modo, el modelo cinético de pseudo-segundo orden demuestra que el proceso de adsorción se desarrolla en los lugares activos del adsorbente.

La ecuación del modelo se expresa como:

$$= k_2(q_e - q_t)^2 \dots \text{Ec. (3)}$$

De donde:

$k_2$  = es la constante de velocidad cinética de pseudo-segundo orden (mg/g. s), desarrollando la ecuación mediante integración cuyo resultado es la ecuación siguiente:

$$t q_t = 1 k_2 q_e^2 + 1 q_e t \dots \text{Ec. (4)}$$

Del mismo modo, la isoterma de Langmuir admite que hay un número determinado de adsorción y en la cual solo puede adherirse un ion del contaminante, además no hay interacción entre los iones adsorbidos (Tamay, 2019).

Estará expresado en la siguiente ecuación de manera lineal:

$$C_e/q_e = 1/q_m K_L + C_e/q_m \dots\dots\dots \text{Ec. (.5)}$$

En donde:

$C_e$ = concentraciones de iones en algún punto de equilibrio(mg/L).

$q_e$ = cantidad adsorbida de iones en el equilibrio de adsorción(mg/g).

$q_m$ = indica la máxima capacidad de adsorción(mg/L).

$K_L$  = constante que se relaciona con la fuerza de interacción entre el adsorbente y el adsorbato.

De la misma forma, la capacidad de adsorción es la transferencia de material externo desde la disolución hasta la biomasa inactiva, en este periodo la fuerza que lo impulsa es la concentración entre el sólido y el líquido que circunda a las partículas (Felipe et al,2023).

Por otro parte, la piña se le conoce como “*Ananas comosus*” y pertenece a la familia Bromeliáceae, su origen es sudamericano y su morfología indica que esta fruta es permanente, una vez madura esta desarrolla brotes con la capacidad de dar frutos, en su etapa adulta puede medir hasta 2 metros de alto, las partes que lo componen son, la raíz, hojas, tallo y la corona. Asimismo, la humedad de la cáscara de piña es de 88,12% (Montoya *et al.*, 2020).

En el marco legal, el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, prescribe el derecho de todo ser humano a morar en un entorno saludable y apropiado para desenvolverse de forma armoniosa. Además, se elabora el ECA definida como Estándar de Calidad Ambiental. Así también, los LMP, que son los Límites Máximos Permisibles. Del mismo modo, esta reúne los Decreto Supremo Nº 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo Nº 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo Nº 015-2015-MINAM, donde se aprueba la elaboración del ECA del agua.

### **III.- METODOLOGÍA**

#### **3.1.- Tipo, diseño y nivel de investigación**

##### **3.1.1. Tipo de investigación**

Este proyecto es de tipo aplicada porque propondrá solucionar un problema encontrado en el área de estudio, en ese sentido Nicaragua (2018), sustenta que la investigación aplicada hace posible la disposición de información y propone alternativas ante una dificultad encontrada ya que actúa sobre un problema que necesita solucionarse y para ello desarrolla nuevas tecnologías ya que tiene como finalidad el conocimiento.

##### **3.1.2. Diseño y nivel de la investigación**

La presente investigación, dará solución a la contaminación originada por la presencia de plomo en el agua del río Chillón, lo que hace que tenga un diseño experimental, donde se determinará la concentración del contaminante en las aguas del río Chillón, el que será tratado con bioadsorbente de cáscara de piña y de esta manera confirmar la hipótesis propuesta. Según Hernández-Sampieri & Mendoza (2020), en este diseño se manejan dos o más variables en la investigación para verificar su incremento o merma y el efecto que ocasiona dicha conducta, esto se controla con la finalidad de interpretar por qué sucede una reacción.

##### **3.1.3. Enfoque**

Este estudio es de enfoque cuantitativo, porque se analizarán los datos numéricos obtenidos de las diferentes variables. Este enfoque permite cuantificar numéricamente los datos que se obtienen y para ello es necesario que el problema a investigar sea claro, definido y se conozca el principio del mismo y su implicancia en los demás elementos (Nicaragua, 2018).

Esta investigación tiene como finalidad. Identificar los efectos producidos por el bioadsorbente de cáscara de piña en el tratamiento del agua contaminada con metales pesados del río Chillón, las mismas que posterior a su tratamiento serán llevadas al laboratorio para su análisis final.

### **3.1.4. Nivel**

El presente estudio es de nivel explicativo, debido a que se determinará la forma en que el bioadsorbente logrará retener al contaminante, respondiendo a las preguntas de por qué y la causa de dicha acción (Esteban, 2018).

## **3.2.- Variables y Operalización**

### **3.2.1 Variables**

Variables son los cambios que sucede en un determinado proceso, observando la causa y efecto de ellas (Espinoza, 2018).

**Variable independiente:**

**Bioadsorbente con cáscara de Piña.**

La bioadsorción es el empleo de residuos agrícolas, con el propósito de utilizarlos para adsorber metales pesados presentes en aguas residuales (Sánchez et al., 2021).

**Variable dependiente:**

**Aguas contaminadas con plomo**

Los remanentes industriales son aquellos cuya naturaleza ha sido alterada y esto por causa de aquellas sustancias contaminantes, que se han agregado en ellas por las actividades antropogénicas (Sánchez et al., 2021).

### **3.2.2 Operacionalización**

La operacionalización se ubica en el anexo N° 2 .es donde se encuentra la definición conceptual, Definición operacional, Dimensiones, indicadores, y las mediciones que se realizarán a cada parámetro de la investigación.

## **3.3.- Población, Muestra, Muestreo y unidad de análisis**

### **3.3.1.- Población**

Según Sernaque (2023), la población es un grupo de componentes semejantes que son utilizados como materia de investigación. En ese sentido, como población se considerará a las aguas del río Chillón, cuyo caudal promedio es de 14 m<sup>3</sup> /s, el área de estudio está ubicado a la altura del kilómetro 14 del panamericana norte en la zona aledaña al fundo Soriano, se encuentra cerca al puente del río Chillón ubicado en Puente Piedra al norte de Lima.

### **3.3.2.- Muestra**

Según Sernaque (2023), son la parte representativa de la población, siendo estos subconjuntos o elementos de que la conforman.

La muestra del cuerpo de agua del río Chillón fue tomada en base al Protocolo Nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales (ANA), Autoridad Nacional del Agua. Donde se tomó 60 litros de muestra.

### **3.3.3.- Muestreo**

Según Sernaque (2023) en el muestreo no probabilístico los elementos que son parte de la muestra no tienen la misma oportunidad de ser considerada como muestra.

Es por ello que, para esta investigación el muestreo es no probabilístico ya que este permite elegir, a criterio del investigador, el punto de donde será tomada la muestra.

### **3.3.4.- Unidad de Análisis**

La unidad de análisis fue de 2 litros de agua los que serán utilizados para todos los parámetros que se analizarán (Flores y Rojas, 2023).

### **3.3.5. Materiales y Equipos**

#### **Materiales**

- ❖ Desecador.
- ❖ Vaso precipitado de 100 mL, 250 mL.
- ❖ matraz Erlenmeyer 300 mL.
- ❖ Fiolas de 25 mL, 50 mL, 100 mL.
- ❖ Micropipeta de 5 mL.
- ❖ Bureta de 50 mL.
- ❖ Probeta de 100 mL.
- ❖ Lunas de reloj 65mm.
- ❖ Bagueta de vidrio.
- ❖ Pissetas.
- ❖ Frascos de polietileno para la conservación de muestras
- ❖ Baldes de 2 litros para muestra.

- ❖ Embudos de vidrio
- ❖ Goteros
- ❖ Papel Filtro Whatman N° 40 de 125mm
- ❖ Tamices A.S.T.M de malla N° 5, 10, 18, 30, 50.
- ❖ Bandejas
- ❖ Cooler de 58 litros
- ❖ Jarra de 2 litros
- ❖ Cinta adhesiva.
- ❖ Cinta métrica.
- ❖ Plumón indeleble.
- ❖ Bolsas de plástico.

### **Reactivos**

- ❖ HCL a 0,1 N
- ❖ Ácido clorhídrico concentrado (HCl)
- ❖ Ácido nítrico concentrado (HNO<sub>3</sub>)
- ❖ Sulfato de manganeso (MgSO<sub>4</sub>)
- ❖ Dicromato de potasio (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>)
- ❖ Álcali yoduro azida
- ❖ Ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).
- ❖ Indicador de almidón
- ❖ Tiosulfato de sodio (Na<sub>2</sub> S<sub>2</sub> O<sub>3</sub>) 0,025 N

### **Instrumentos y equipos**

- ❖ Invernadero artesanal.
- ❖ Balanza analítica.
- ❖ Agitadores magnéticos.
- ❖ Hot Block.
- ❖ Bomba de vacío.
- ❖ Potenciómetro.
- ❖ Estufa de secado.
- ❖ Reactor anaeróbico.
- ❖ Espectrofotómetro de Absorción Atómica.
- ❖ GPS.

- ❖ Multiparámetro.
- ❖ Cronómetro.

### **3.4.- Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.4.1 Técnica de la investigación**

##### **Observación:**

Se hará registro e identificación de todos los procesos desde la caracterización del bioadsorbente y todos sus parámetros. Asimismo, la toma de muestra y sus parámetros iniciales como finales. Según Parreño (2022), indica que esta técnica adiciona datos para cada proceso, identificando cada reacción y la razón de la misma para ser analizados en el periodo que se desarrolle.

#### **3.4.2 Instrumentos de recolección de datos**

Este proyecto de investigación tendrá como instrumento de recolección de datos a la ficha de toma de muestra del río Chillón , ficha de obtención del biocarbón de cáscara de piña, sus características físicas y químicas, ficha de condiciones de operación del bioadsorbente de cáscara de piña, ficha de adsorción del bioadsorbente de cáscara de piña y la ficha de parámetros operacionales del agua del río Chillón antes y después del tratamiento con bioadsorbente, estas posibilitarán la obtención de la información necesaria para evaluar la eficacia del bioadsorbente con cáscara de piña para el tratamiento de aguas contaminadas por plomo del río Chillón y así se cumplirá con el objetivo de esta investigación.

Conforme a ello, Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), los instrumentos de recolección de datos, son aquellos medios por el cual el encargado del estudio recopila datos importantes que están íntimamente relacionados con las variables que son objeto de estudio. Los instrumentos de recolección de datos se muestran en la Tabla 1.

La Tabla 1, muestra los instrumentos considerados en esta investigación, los cuales fueron 5. A través de ellos se responderá a cada objetivo propuesto en esta investigación.

*Tabla 1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.*

<b>Técnica</b>	<b>Instrumento</b>
	Ficha de toma de muestra del río Chillón.
	Ficha de obtención del biocarbón de cáscara de piña, sus características físicas y químicas.
Observación	Ficha de condiciones de operación del bioadsorbente de cáscara de piña.
	Ficha de adsorción del bioadsorbente de cáscara de piña.
	Ficha de parámetros operacionales del agua del río Chillón antes y después del tratamiento con bioadsorbente.

**Nota.** Fuente: Elaboración Propia

### **3.4.3 Validez de los instrumentos**

Betancur et al. (2023), indica que, es la competencia que tiene el instrumento para poder medir aquello que se plantea como objetivo de estudio. Asimismo, se puede entender como la eficacia que esta tiene para hacer la descripción de cada fenómeno, acontecimiento o circunstancia que son el motivo de investigación.

Los instrumentos serán revisados por especialistas medioambientales quienes evaluarán y validarán las fichas de recolección de datos, en relación a los objetivos trazados. A continuación, se muestra la validación de los instrumentos de esta investigación con la prueba de V de Aiken como lo evidencia la Tabla 2.

La Tabla 2, muestra el coeficiente V de Aiken para cada instrumento, siendo el promedio para los mismos de 0,86. Esto evidencia que los instrumentos de recolección de datos tienen una validez 86%, por lo tanto, el nivel de confiabilidad es elevada.

Tabla 2. Validación de instrumentos, Prueba V de Alken

$V = \frac{s}{(n(c-1))}$	Validación promedio			s	n	c	v
	Experto 1	Experto 2	Experto 3				
Ficha 1: Toma de muestra del río Chillón	85	80	90	255	3	100	0,86
Ficha 2: Obtención del biocarbón de cascara de piña, sus características físicas y químicas	85	80	90	255	3	100	0,86
Ficha 3: Condiciones de operación del bioadsorbente de cáscara de piña	85	80	90	255	3	100	0,86
Ficha 4: Adsorción del bioadsorbente de cáscara de piña	85	80	90	255	3	100	0,86
Ficha 5: Parámetros operacionales del agua del río Chillón antes y después del tratamiento con bioadsorbente	85	80	90	255	3	100	0,86
	Promedio						0,86

#### 3.4.4 Confiabilidad

La confiabilidad está en las réplicas que se realizaron y que puede ser repetida por otro investigador y obtener los resultados que se especifican. Los análisis se realizarán en un laboratorio acreditado por INACAL. Al respecto, Ventura, Arancibia y Madrid (2017), afirma que para que un instrumento sea fiable, el mismo debe ser repetido sobre el mismo objeto de estudio y obtener resultados similares.

#### 3.5.- Fases para el desarrollo de la tesis

Este estudio se llevó a cabo en cinco fases que permitieron lograr los objetivos que se plantearon. A continuación, se mostrará el proceso a detalle en la Figura 2.

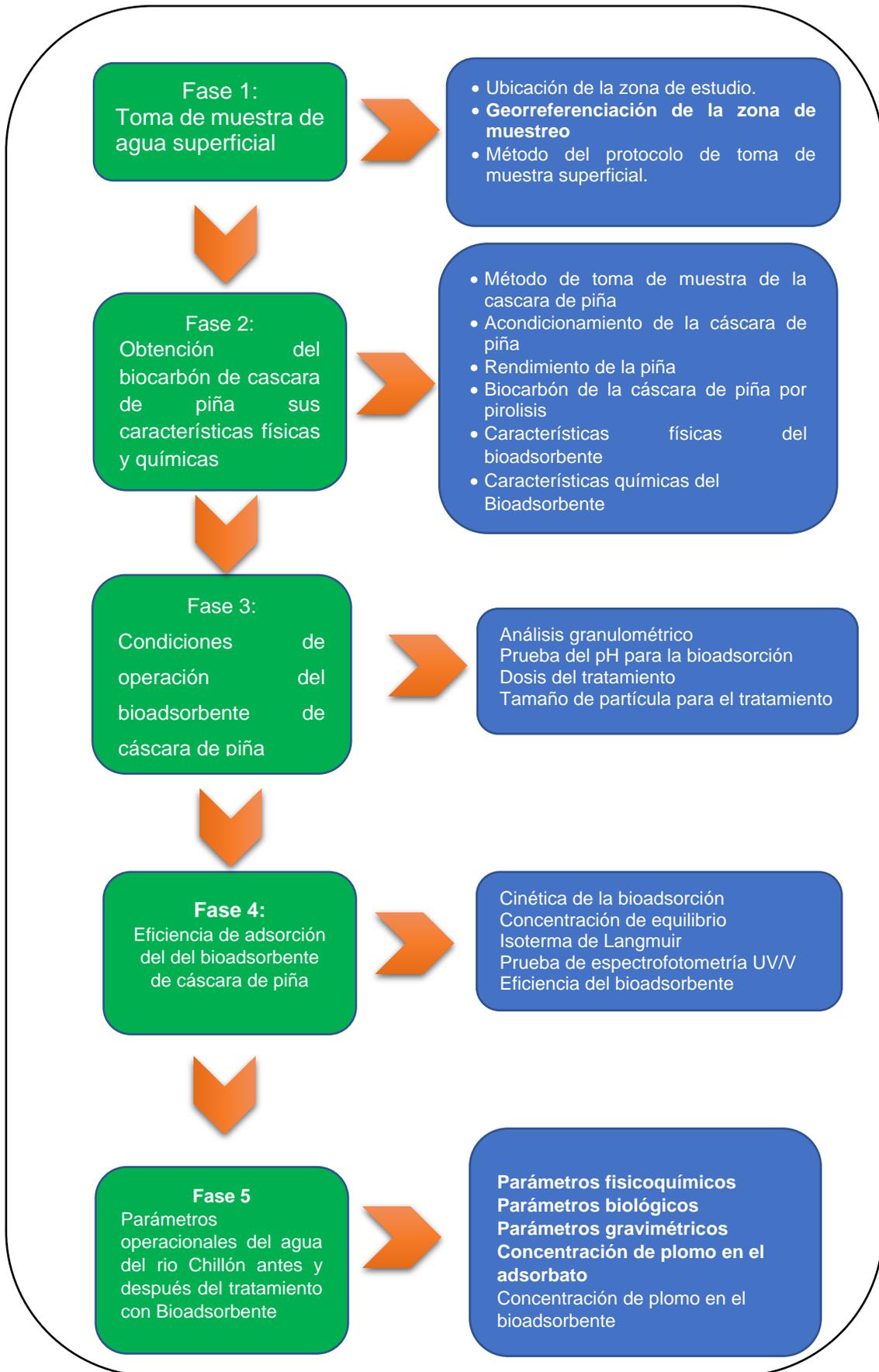


Figura 1. Fases para el desarrollo de la tesis

La Figura 1, muestra el proceso de desarrollo para esta investigación, donde se detallan las fases para cada proceso del tratamiento.

## Fase 1: Toma de muestra de agua superficial

### 1.1 Ubicación de la zona de estudio

La zona de estudio está ubicada a la altura del kilómetro 14 de la panamericana norte en la zona aledaña al fundo Soriano, se encuentra cerca al puente del río Chillón ubicado en Puente Piedra al norte de Lima, esto lo evidencia la Tabla 3.

Tabla 3. Georreferenciación de la zona de estudio y muestreo

Zona	Coordenadas UTM	
18 L	X: 274259	Y: 8681787

La Tabla 3, muestra las coordenadas del lugar donde se tomó la muestra en el río Chillón



Figura 2. Mapa del punto de toma de muestra en el río Chillón

La Figura 2, muestra el lugar donde se tomó la muestra para esta investigación, ubicado en el distrito de Puente Piedra a la altura del kilómetro 14 de la carretera panamericana norte.

## 1.2 Método del protocolo de toma de muestra superficial (ANA)

La metodología que se utilizó para la toma de muestra fue el “Protocolo Nacional para el monitoreo de los recursos hídricos superficiales”.

### 1.2.1 Caudal del río Chillón (método del flotador)

En el cuerpo lótico, se escoge un lugar donde el agua corre de manera normal sin formar caminos y fuera de obstáculos, utilizando una cinta métrica de 50 metros, cronómetro, y un recipiente para poner en práctica la toma de caudal, también se toma la medida del ancho del río, y sus profundidades siendo las unidades utilizadas  $Q=m^3/\text{seg}$ .

Ecuación:

$$Q= V * A \dots\dots\dots \text{Ec. (6)}$$

Donde

V: velocidad obtenida.

A: Área de la sección transversal.



*Figura 3. Toma de muestra del agua del río Chillón*



*Figura 4. Toma de datos para medir el caudal*

Las Figuras 3 y 4, muestran las evidencias de la medida del caudal del agua del río Chillón y de la toma de muestra para realizar los análisis de esta investigación.

## **Fase 2: Obtención del biocarbón de cáscara de piña sus características físicas y químicas**

### **2.1 Método de toma de muestra de la cáscara de piña**

La muestra de cáscara de piña fue tomada de los diferentes puestos de jugo que se ubican en los distintos emporios de Puente Piedra, considerando para esta investigación a tres de ellos, los cuales son el mercado Cruz de Motupe, mercado el Tambo y el mercado modelo Chillón. El método fue aleatorio simple.

### **2.2. Acondicionamiento de la cáscara de piña**

Recolectada la cáscara de piña se procedió a lavarla, luego se puso a secar al ambiente en un desecador casero preparado de madera y cubierto por malla, esto para que no se proliferen los insectos voladores, el tiempo de secado fue de 15 días soleados como lo muestra la Figura 5.

La figura 5, muestra el desecador casero preparado para el secado al ambiente de la cáscara de piña, esto se realizó con el fin de que la cascara de piña no fuero un medio donde pudieran proliferar los insectos.



Figura 5. Desecador casero para el secado la cáscara de piña.

### 2.2.1 Rendimiento de la piña

Para determinar su rendimiento se extrae la cáscara de tres frutas las cuales se pesa, luego se colocan estas cáscaras en una estufa a 105°C por 2 horas y así obtener sus resultados. La humedad de la cáscara de piña es de 88% aproximadamente (Montoya *et al.*, 2020).

Ecuación:

$$(\%) \text{ de rendimiento} = \frac{\text{rendiemento real}}{\text{rendiemento teórico}} \times 100 \dots \dots \dots \text{Ec. (7)}$$

### 2.2 Biocarbón de la cáscara de piña por pirólisis

Después de secada las cáscaras de piña ,se lava con agua destilada , seguidamente se pesa y luego se lleva a la estufa a 40°C para secarla por 24 horas, acto seguido se vuelve a pesar para comprobar que su peso haya reducido un 10 %, después de ello podemos decir que se encuentra listo para colocarlo en el reactor anaeróbico, el que va calentando en forma lenta hasta los 105°C. El primer tiempo que la cáscara estará en el reactor será de 1 hora , luego se llevará a 180°C por otra hora más , durante este tiempo se podrá observar humo blanco , esto nos indica que se está sacando toda la humedad restante de

la cáscara de piña, acto seguido se llevará hasta los 200°C por una hora más , para asegurar que toda la humedad desaparezca y por último se llevará a 250 °C para obtener el biocarbón (bioadsorbente) .Este proceso dura 4 horas y se deja enfriar dentro del reactor hasta temperatura ambiente, acto seguido se activa el bioadsorbente con ácido clorhídrico a 1N. Este producto final de este proceso se muestra en las Figuras 6 y 7.



*Figura 6. Reactor anaeróbico*



Figura 7. Biocarbón de piña después del proceso de pirólisis.

En las Figuras 6 y 7, se observa el carbón ya terminado después del proceso de calcinación del reactor anaeróbico, esta toma se realizó después de que el reactor estuvo a temperatura ambiente.

### **2.3 Características físicas del bioadsorbente**

Obtenido el biocarbón se caracteriza por sus parámetros físicos

### 2.3.1 Humedad (%) (método: Norma ASTM D-2216)

Es un parámetro físico que nos indica cuanto de agua posee después de la activación, se prepara un crisol de porcelana el cual es secado en la estufa a 105°C por 2 horas. Se toma la muestra del biocarbón de cáscara de piña 1,5326 gramos, se coloca en la estufa a 105°C hasta que obtenemos pesos constantes luego se coloca en un desecador, hasta temperatura ambiente y se pesa en la balanza analítica.

Ecuación:

$$(\%) \text{ Humedad} = \frac{(\text{peso de tara} + \text{peso humedo}) - (\text{peso de tara} + \text{peso seco})}{(\text{peso de tara} + \text{peso seco}) - (\text{peso de tara})} \times 100 \dots\dots\dots \text{Ec. (8)}$$

### 2.3.2 Materia Volátil (%) (método: ASTM D 3175)

El análisis de materia volátil se realiza después de haber obtenido la humedad, de donde se toma un peso de 0,68 g, colocándolo en un crisol lavado, secado, y pesado, colocándole su tapa para que no exista corriente de aire, llevamos este crisol a una estufa a 900°C por 7 minutos, se retira y se enfría en un desecador hasta temperatura ambiente para pesarlo en una balanza analítica, y así obtener sus resultados.

Ecuación:

$$MV (\%) = \frac{(\text{peso del crisol} + \text{muestra}) - (\text{peso del crisol} + \text{muestra seca } 900^\circ\text{C})}{(\text{peso del crisol} + \text{muestra}) - (\text{peso del crisol})} \times 100 \dots\dots\dots \text{Ec. (9)}$$

### 2.3.3 Ceniza (%) (método: Norma ASTM D 5142)

La determinación de la ceniza se realizó tomando una muestra ya seca después de haber obtenido la materia volátil, en el crisol de porcelana, la que fue secado y pesado en la balanza analítica, se le adiciona 0,68g de muestra, luego se vuelve a pesar con la muestra y se coloca en una mufla a 900°C por 3 horas hasta un peso constante, dejando enfriar en un desecador hasta temperatura ambiente y pesarlo en la balanza analítica y así obtener sus resultados.

Ecuación:

$$(\%) C = \frac{(\text{peso de la muestra a } 900^\circ\text{C} + \text{crisol}) - (\text{peso del crisol})}{(\text{peso del crisol} + \text{muestra}) - (\text{peso del crisol})} \times 10 \dots\dots\dots \text{Ec. (10)}$$

## 2.4 Características químicas del Bioadsorbente

Las características del biocarbón:

### 2.4.1 Potencial de hidrógeno del biocarbón

Después de la activación del biocarbón con ácido clorhídrico a 1N, este será lavado con agua destilada hasta obtener el pH deseado, se evaluará el pH debiendo este llegar a 7.

**Fase 3:** Condiciones de operación del bioadsorbente de cáscara de piña.

### 3.1 Análisis granulométrico (método: Norma ASTM D 422)

El análisis granulométrico fue realizado utilizando la Norma ASTM D422, la que nos da resultados cuantitativos en la distribución de los tamaños de los biocarbones, donde se toma un peso de 274 g y por tamizado se obtendrán los tamaños que se decidieron utilizar en el tratamiento del agua del río Chillón para poder reducir el contaminante plomo, este análisis se muestra en la Tabla 4 y la Figura 6.

*Ecuación:*

$$\% \text{Retenido} = \frac{\text{peso retenido en malla} * 100}{\text{peso de muestra seca a } 105^{\circ}\text{C}} \dots\dots\dots \text{Ec. (11)}$$

*Tabla 4, Análisis granulométrico del biocarbón de piña (método: norma ASTM D 422)*

Nº Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	Parcial retenido (%)	retenido (+) (g)	pasa (-) (g)
1/4"	6,30	0,00	0,00	0,00	100,00
Nº 5	4,00	48,20	17,63	17,63	82,37
Nº10	2,00	92,60	33,87	51,50	48,50
Nº 18	1,00	55,60	20,34	71,84	28,16
Nº30	0,60	30,00	10,97	82,81	17,19
Nº 50	0,30	26,20	9,58	92,39	7,61
Nº -50	-0,30	20,80	7,61	100,00	0,00

El análisis granulométrico que se muestra en la Tabla 4, fue realizado para determinar qué partícula sería considerada para esta investigación, esto se realizó mediante pruebas de adsorción con el método espectrofotométrico, así se determinó el tamaño de partícula que tuvo mayor adsorción del contaminante, siendo estas la de malla Nº 18 (1mm) y la malla Nº30 (0,60 mm).



*Figura 8. Biocarbón de piña pasado por las distintas mallas.*

La Figura 8, muestra el resultado del tamizado por las distintas mallas, con esto se pudo realizar el análisis granulométrico para determinar la malla más eficiente para la adsorción de Pb (II) en el tratamiento.

### **3.2 Prueba del pH para la bioadsorción (espectrofotómetro)**

Esta prueba es importante porque la bioadsorción depende del pH, los aniones y los cationes están en función de las fuerzas de van der Waals, los cationes se moverán en un pH de 4,5 a 5 y los aniones en pH de 7 a 8 de ahí que se tomaron 8 vasos de 100 mL y con diferentes pH de 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, Para ello se utilizará NaOH y HCl a 0,1 N para poder hacer el ajuste y lograr el pH que se requiere, para cada prueba se colocaron 2 g de biocarbón de malla de 1mm se agitó 10 minutos y se dejó en reposo 4 horas y se midió turbidez del agua.

### **3.3 Dosis del tratamiento para el agua del río Chillón**

La dosis que se utilizaron del biocarbón con cáscara de piña, para realizar los tiempos de contactos del agua del rio chillón contaminada por plomo, son de 400 g para la malla 1mm, 400 g para la malla de 0,6 mm, y una columna mixta de 200 g de malla 1mm y 200 g de malla 0,6mm (Flores y Rojas, 2023), de acuerdo con lo que se determinó en la capacidad de adsorción mediante las pruebas de isotermas de Langmuir.

### 3.3.1 Tratamiento del agua del río Chillón con columnas de adsorción (Tiempos de contacto)

En el tratamiento del agua contaminada con plomo utilizando biocarbón de cáscara de piña, los tiempos de contactos fueron de 30 minutos continuos en sus tamaños de partículas para poder determinar, cuál de las columnas de adsorción reduce mejor el plomo del agua del rio, esto se detalla en la Tabla 5.

*Tabla 5. Evaluación del bioadsorbente de piña y tiempos de contacto*

Código	Peso	Código	Peso	Código	Peso
BP-(1mm-30)	400	BP - (0,6 mm-30)	400	BP-(1 y 0,6 mm-30)	200+200
BP-(1mm-60)	400	BP - (0,6 mm-60)	400	BP-(1 y 0,6 mm-60)	200+200
BP-(1mm-90)	400	BP - (0,6 mm-90)	400	BP-(1 y 0,6 mm-90)	200+200
BP-(1mm-120)	400	BP- (0,6 mm-120)	400	BP-(1 y 0,6mm-120)	200+200
BP-(1mm-150)	400	BP- (0,6 mm-150)	400	BP-(1 y 0,6mm-150)	200+200
BP-(1mm-180)	400	BP- (0,6 mm-180)	400	BP-(1 y 0,6mm-180)	200+200

En la Tabla 5, muestra las diferentes columnas de adsorción con sus debidos tiempos, tamaños de partícula y la dosis para cada una, se resalta que este tratamiento se realizará en continuo.

#### **Elaboración del prototipo del diseño de investigación.**

Para el prototipo de esta investigación, se preparó una estructura metálica de dos metros en forma de escalera, ya que el procedimiento se hará bajo el principio de vasos comunicantes, para ello se utilizó materiales como tubo PVC de 10 cm de ancho (4"), la cual se cortó en medida de 50 cm, en total fueron tres tubos de la misma medida, también se usó llaves de paso y mangueras de silicona de 3/4 de pulgada, en total fueron 6 mangueras de 1 metro de largo. Asimismo, se necesitó recipientes para la obtención de la muestra, además de un recipiente de 60 litros para el tanque primario, todo esto se detalla en la Figura 9 y 10.

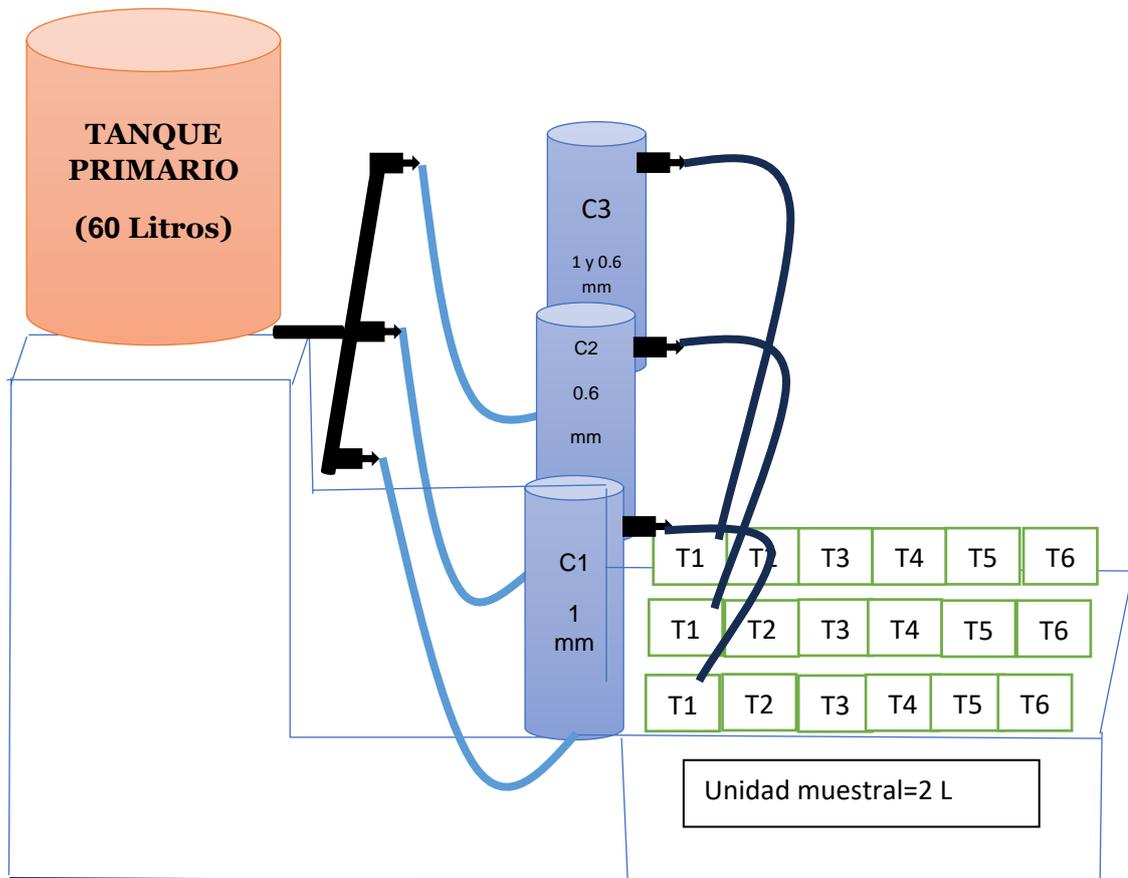


Figura 9. Diseño del tratamiento del agua contaminada del río Chillón



Figura 10. Diseño terminado para el tratamiento del agua del río Chillón.

En las Figuras 9 y 10, muestran el diseño para el tratamiento del agua contaminada del río Chillón, estas detallan las columnas de adsorción inversa y en continuo.

**Fase 4:** Eficiencia de adsorción del del bioadsorbente de cáscara de piña.

#### 4.1 Cinética de la bioadsorción

La prueba de la cinética de adsorción, permite saber cómo es el comportamiento del biocarbón con el adsorbato en el tratamiento del agua del río Chillón, siendo el primero en realizar. Entendiéndose por adsorción o bioadsorción a la retención del plomo que se encuentra en el agua del río Chillón en la superficie del adsorbente. El modelo cinético es el siguiente:

$$q_t = q_e * (1 - e^{-k_1 t}) \dots \dots \dots \text{Ec. (2)}$$

$q_t$  (mg/g) = indica la masa adsorbida en un determinado tiempo  $t$ .

$q_e$  (mg/g) = indica los iones adsorbidos en el tiempo de equilibrio.

$k_1 t$  = denominada como constante de velocidad cinética de Pseudo primer orden (adsorción en fase líquida).

#### 4.2 Concentración de equilibrio

El equilibrio se determinó con la concentración del adsorbente y el adsorbato, las que se evaluaron por los métodos matemáticos.

Ecuación:

$$q_e = \frac{q_{max} K_L C_e}{1 + K_L C_e} \dots \dots \dots \text{Ec. (12)}$$

Donde:

$q_{max}$ : constante de capacidad máxima de adsorción (mg/g)

$K_L$ : determinado por la atracción que tiene el adsorbato por el adsorbente (L/mg).

#### 4.3 Isoterma de Langmuir

La isoterma que se realizó está determinada por el agua del río Chillón (Adsorbato), la que está de acuerdo a los parámetros calculados como la cinética y concentración de equilibrio. El análisis de identificación del contaminante de plomo, es una concentración inicial ya conocida porque se realizó mediante absorción atómica lo que llamamos ( $C_0$ ), y luego determinamos la concentración de equilibrio ( $C_e$ ), siendo esta la que se ajusta a los parámetros

de la normativa del agua de río, la que es obtenida por el biocarbón de la cáscara de piña (adsorbente).

Ecuación:

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{QK} + \frac{C_e}{Q} \dots\dots\dots \text{Ec. (13)}$$

Donde:

Q: Constante que define lugares ocupados y libres en la superficie del adsorbente.

#### 4.4 Prueba de espectrofotometría UV/VIS

Se tomó como referencia al azul de metileno en diferentes concentraciones, las que fueron analizados por espectrofotometría UV/VIS, a una longitud de onda de 600 nm, dando sus valores con quienes se determinó la constante y así poder utilizarlo en las diferentes pruebas que nos planteamos. Las concentraciones fueron de 0,5 ppm, 1 ppm, 2 ppm, 4 ppm y 5 ppm.

Ecuación:

$$\text{Absorbancia} = -\log (\%T/100) \dots\dots\dots \text{Ec. (14)}$$

$$\text{Concentración} = \frac{\text{Absorbancia}}{\text{constante (K)}} \dots\dots\dots \text{Ec. (15)}$$

#### 4.5 Cálculo de eficiencia del bioadsorbente

Para la evaluación de la eficiencia del bioadsorbente se realizará el cálculo a través de la ecuación siguiente:

$$E = \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100 \dots\dots\dots \text{Ec. (16)}$$

Donde:

$E$  = eficiencia del bioadsorbente.

$C_i$  = concentración inicial del agua contaminada o cálculo pre tratamiento.

$C_f$  = concentración final del agua contaminada o cálculo post tratamiento.

**Fase 5:** Parámetros operacionales del agua del río Chillón antes y después del tratamiento con Bioadsorbente.

Los parámetros operacionales en el tratamiento con la cáscara de piña, están basados al del agua contaminada del río Chillón, fundamentalmente tienen que ver con la calidad del agua superficial controlado por la Autoridad Nacional de Agua, y como ente fiscalizador a la OEFA.

Los Parámetros para evaluar son los siguientes:

### 5.1 Parámetros fisicoquímicos (Método potenciométrico)

Los parámetros fisicoquímicos que se analizarán se muestran en la Figura 11

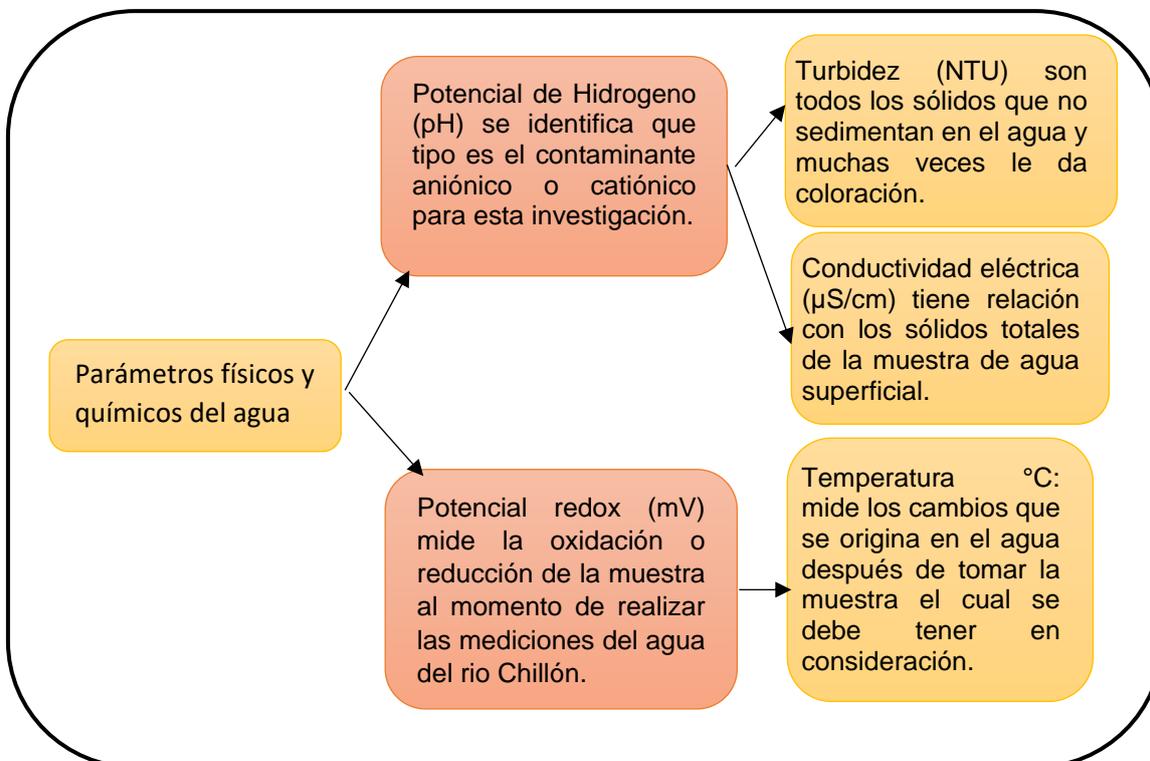


Figura 11. Parámetros fisicoquímicos del agua del río Chillón

La Figura 11, evidencia los parámetros que se analizarán en esta investigación, las cuales son: el potencial redox, el pH, la turbidez, conductividad y temperatura, los mismos que será analizados con el método potenciométrico.

### 5.2 Parámetros químicos (Método Winkler, método del dicromato de potasio)

#### Oxígeno disuelto (mgO<sub>2</sub>/L)

Evaluated por método winkler, se realizó sumergiendo la botella hasta su totalidad, para evitar que en la botella se generen burbujas de aire luego se agregó 1mL de sulfato de manganeso, 1mL de álcali yoduro azida y 1 mL de ácido sulfúrico en cada caso tapara y agitar se deja reposar por 10 minutos. Seguidamente se toma con una probeta 100 mL de la muestra y se le coloca en un Erlenmeyer de 250 mL, se le agrega 5 gotas de indicador de almidón dándole

una coloración oscura para luego proceder a titular hasta que la muestra cambie a incoloro, y se mide el consumo de la solución de tiosulfato de sodio ( $\text{Na}_2 \text{S}_2 \text{O}_3$ ) de concentración de 0,025 N y se obtiene el resultado.

$$OD = \frac{\text{Vol.Gst.TSNa} * \text{Normalidad del TSNa} * 8000 * \text{Vol winkler}}{\text{Vol.De Muestra} * (\text{Vol.Winkler} - 2)} \dots\dots\dots \text{Ec. (17)}$$

Donde:

OD: oxígeno disuelto ( $\text{mgO}_2/\text{L}$ )

Vol. Gst. TSNa: Volumen gastado en la muestra de tiosulfato de sodio (mL)

### **Demanda química de oxígeno (DQO) (Oxígeno $\text{mgO}_2/\text{lt}$ )**

El parámetro de la demanda química de oxígeno, fue realizado por el método del dicromato 1N, consistió en colocar la muestra en un tubo por reflujo donde se colocó 3 ml de muestra y también en otro tubo se colocó dicromato para así tener un blanco que se va titular seguidamente con la muestra, este proceso se llevó a un reactor térmico hasta  $120^\circ\text{C}$ , por 2 horas, luego se retiró y se puso a enfriar hasta temperatura ambiente y retirar los tubos del reactor para seguidamente titula con sulfato ferroso 0,25 N y como indicador la ferroína hasta el viraje a rojo ladrillo tomándose la lectura y obtener el resultado.

Fórmula:

$$DQO = \frac{\text{mgO}_2}{L} = \frac{(A-B) * N * 8000}{\text{ml de muestra}} \dots\dots\dots \text{Ec. (18)}$$

Donde:

A: vol. gastado en el blanco (mL)

B: vol. Gastado en la muestra (mL)

### **Demanda bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) ( $\text{mgO}_2/\text{L}$ )**

Preparar el agua de dilución, consta de airear el agua destilada. En una botella winkler se le agrega la muestra, esta puede ser diluida dependiendo de la contaminación en ella, una vez agregada la muestra se le agrega el agua de dilución preparada con anterioridad hasta llegar a llenarla por completo, se tapa y se lleva a incubar por 5 días a  $25^\circ\text{C}$ .

Pasado los 5 días se procede a determinar el oxígeno disuelto, para ello se prepara en otra botella winkler un blanco con agua destilada, a las dos muestras

se les agrega 1 mL de sulfato de manganeso tapar y agitar, 1 mL de álcali yoduro azida tapar y agitar, se notará un cambio de coloración a un naranja claramente visible y por último agregar 1 mL ácido sulfúrico concentrado tapar y agitar, se deja reposar por 10 minutos. Seguidamente se toma con una probeta 100 mL de la muestra y se le coloca en un Erlenmeyer de 250 mL, se le agrega 5 gotas de indicador de almidón dándole una coloración oscura para luego proceder a titular hasta que la muestra cambie a incoloro, y se mide el consumo de la solución de tiosulfato de sodio ( $\text{Na}_2 \text{S}_2 \text{O}_3$ ) de concentración de 0.025 N.

$$\text{DQO} = \frac{(\text{Vol.Gast.Bk} - \text{Vol.Gast.Muestra}) * N * 8000}{\text{Volumen de la muestra (mL)}} \dots\dots\dots \text{Ec. (19)}$$

### 5.3 Parámetros gravimétricos

#### Sólidos Totales

Se agita la muestra y se toma 100 mL de muestra en una probeta y se vierte en un vaso precipitado, el vaso precipitado es previamente lavado, secado al horno y pesado. se coloca en una estufa a 105 °C por 1 hora. Después de evaporar el agua se lleva el vaso a secar en un horno a 105 °C por 120 minutos, luego se retira, se enfría en un desecador, luego se pesa para determinar los sólidos totales. Este último proceso se hace varias veces hasta conseguir un peso constante.

$$\text{ST (mg/L)} = \frac{(A-B) * 1000}{V} \dots\dots\dots \text{Ec. (20)}$$

Donde:

A: Peso del vaso seco a 105 °C por 60 minutos.

B: Peso del vaso + sólidos secos a 105°C por 120 minutos.

V: Volumen de la muestra (litros)

#### Sólidos Disueltos

Los sólidos disueltos a diferencia de los totales esta se filtra con Whatman 40 papel filtro cuantitativo en una probeta y se vierte en un vaso precipitado se coloca en la estufa a 105 °C por 1 hora hasta evaporación total. Después de evaporado el agua se lleva el vaso a secar en un horno a 105 °C por 120 minutos,

luego se retira se enfría en un desecador, acto seguido se pesa para determinar los sólidos disueltos. Este último proceso se hace varias veces hasta conseguir un peso constante.

$$SD \text{ (mg/L)} = \frac{(A-B) * 1000}{V} \dots\dots\dots \text{Ec. (21)}$$

Donde:

A: Peso del vaso seco a 105 °C por 60 minutos.

B: Peso del vaso + solidos secos a 105°C por 120 minutos.

V: Volumen de la muestra (litros)

#### **Sólidos suspendidos totales:**

Para determinar los sólidos suspendidos se debe usar una bomba de vacío, en ella se coloca un filtro de 0,05 micras previamente pesado, se toma 100 ml de la muestra agitada y se filtra por medio de la bomba al vacío, seguidamente se retira el filtro y se coloca en un vaso de precipitación para luego ser llevado al horno a 110 °C para que toda la humedad restante se evapore por 30 minutos. Acto seguido se retira del horno y se lleva al desecador hasta que se enfríe, seguidamente se lleva a pesar el filtro y se determina los SST.

$$SST = ST - SD \dots\dots\dots \text{Ec. (22)}$$

Donde:

SST: Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)

ST: Sólidos Totales (mg/L)

SD: Sólidos disueltos (mg/L)

#### **5.4 Concentración de plomo en el adsorbato (método EPA 3050 - Absorción Atómica)**

La concentración del Pb (II) en el agua, se determina por digestión en medio ácido, para poder ser medidos en el equipo de absorción atómica. La digestión se hace con la intervención del ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>), ácido clorhídrico (HCl) después de digestado son enrazados en fiola a 25 mL y llevados al equipo para su análisis.

### **5.5 Concentración de plomo en el bioadsorbente (método EPA 3050 - Absorción Atómica)**

La concentración del Pb (II) en el bioadsorbente, se determina por digestión utilizando un peso de 0,2502 gramos de bioadsorbente en un vaso precipitado de 150 ml, seguidamente se agrega 3 ml de HNO<sub>3</sub> a 180 °C por un tiempo de 2 horas hasta que esté pastoso luego se le agrega 6 ml de HCl y se le adiciona 5 mL agua destilada, se deja enfriar para luego ser enrazados en fiola a 25 mL y llevados al equipo para su análisis.

### **3.6.- Método de análisis de datos**

El análisis de los datos se realizó, utilizando métodos internacionales, establecidos, del estándar del agua en su edición 23, además utilizamos Normas como las ASTM, los datos del tratamiento son evaluados por estadística inferencial utilizamos el software SSPS 26, cuadros del software Excel.

### **3.7.- Aspectos éticos**

En el desarrollo de esta investigación, se ha considerado y en gran manera los valores fundamentales como la honestidad y esto en cuanto a los datos obtenidos y procesados en este estudio, además el respeto a los paradigmas, perspectivas y esquemas dadas por diferentes autores siendo citados para reconocer sus aportes.

Del mismo modo se ha seguido la dirección de las normas ISO 690 y 690-2. Los datos hallados producto de esta investigación se han dado a criterio del autor, son de primera fuente y se los resultados cuantitativos obtenidos se basan en la originalidad.

## IV.- RESULTADOS

Esta investigación realizó análisis para poder responder a los objetivos, los mismos que dieron los siguientes resultados.

### TOMA DE MUESTRA DE AGUA SUPERFICIAL

#### 1.- Medida del caudal

Para la toma de muestra fue necesario realizar la medida del caudal, para ello se tomaron datos como el ancho del río, la determinación de la profundidad media, el promedio del tiempo de recorrido según el método del flotador, la velocidad media y por último con los datos obtenidos se hallará el caudal. Esto se detalla en la Tabla 6.

*Tabla 6. Medida del caudal del río Chillón*

Ancho (m)	Profundidad. Media (m <sup>2</sup> )	Prom. tiempo del recorrido (s)	Velocidad media (m/s)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
10,6	0,36	18,58	929	334,44

La Tabla 6, muestra el resultado de la medida del caudal, la cual es de 334,44 m<sup>3</sup>/s.

Después de medir el caudal del río Chillón, se obtuvo la muestra que fue llevada de forma inmediata al laboratorio, para poder analizar su concentración inicial de Pb II y determinar los demás parámetros que son objetivos de esta investigación cuyo detalle se muestra en la Tabla 7.

*Tabla 7. Plomo (II) inicial (método EPA 3050)*

Código	volumen de muestra (mL)	Medio de la muestra (ácido)	volumen de lectura (mL)	Concentración Pb (II) (mg/L)
Pb-Inicial	100	HCl	25	0,086
ECA cat-3 /pb	100	HCl	25	0,05

**Nota.** Fuente: Elaboración propia

La Tabla 7, muestra la concentración inicial de Pb II que fue de 0,086 (mg/l), este dato fue comparado con el ECA del agua para categoría 3 que corresponde al agua

de río, se puede evidenciar que este valor se encuentra por encima del valor permitido cuya concentración no debe ser superior a 0,05 mg/L, este dato permitió realizar esta investigación para tratar esta agua evidentemente contaminada con bioadsorbente de cáscara de piña.

## 2.- Determinación de los parámetro físico- químicos del agua del río Chillón

Después de determinar la concentración del contaminante en el agua del río, se analizan sus parámetros fisicoquímicos, los datos del mismo se muestran en la Tabla 8.

*Tabla 8. Parámetro físico- químicos del agua del río Chillón (método Potenciométrico)*

Código	Temperatur a °C	Potencial de hidrogeno (pH)	Conductivida d eléctrica (µs/cm)	Potencial redox (mV)	Turbide z NTU
PFQ-ARCH	24,1	6,26	875	189,56	228

PFQ = Parámetro fisicoquímico

ARCH = Agua del río Chillón

Se puede observar en la Tabla 8, donde se muestra los parámetros físico-químicos del agua del río Chillón, la cual indica un pH de 6,26, esto revela que el Pb II está influyendo en el pH, ya que se está inclinando a un pH ligeramente ácido por la existencia del catión plomo, también se puede observar una conductividad eléctrica de 875 µs/cm, así como un potencial redox ce 189,56 mV y una turbidez de 228 NTU.

## 3.- Determinación de los parámetros biológicos del agua del río Chillón

El siguiente paso es determinar los parámetros biológicos del agua del río chillón, estos son: OD, DQO, DBO. Estos resultados se muestran en la Tabla 9.

*Tabla 9. Parámetros biológicos del agua del río Chillón*

Oxígeno disuelto (mgO <sub>2</sub> /L)	Demanda química de oxígeno (mgO <sub>2</sub> /L)	Demanda bioquímica de Oxígeno (mgO <sub>2</sub> /L)
3,99	513,33	583

**Nota.** Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 9, muestra el resultado obtenido de oxígeno disuelto en el agua del río Chillón, el cual fue de 3,99 (mgO<sub>2</sub>/L), asimismo se evidencia la demanda química de oxígeno el cual fue de 513,33 (mgO<sub>2</sub>/L), por último, indica el valor obtenido en la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) en el agua del río Chillón, cuyo valor fue de 583,00 (mgO<sub>2</sub>/L).

#### 4.- Determinación de los parámetros gravimétricos del agua del río Chillón

Los siguientes parámetros del río a determinar son los gravimétricos, estos son los ST, SD, SST, los que se muestran en la Tabla 10.

*Tabla 10. Parámetros gravimétricos del agua del río Chillón*

<b>Sólidos Totales (mg/L)</b>	<b>Sólidos Disueltos (mg/L)</b>	<b>Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)</b>
442,9	278,2	164,7

**Nota.** Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 10, se muestran los resultados obtenidos de sólidos totales del agua del río Chillón, el cual fue de 442,9 (mg/L), del mismo modo se evidencia el resultado obtenido en sólidos disueltos del agua del río el cual fue de 278,2 (mg/L) y por último se indica el valor obtenido en sólidos suspendidos totales, el que fue de 164 (mg/L).

## **OBTENCIÓN DEL BIOCARBÓN DE CASCARA DE PIÑA SUS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS**

### **1.- Determinación del rendimiento de la cascara de piña**

El rendimiento de la piña permitirá calcular cuantos kilogramos de cáscara de piña se necesitará para esta investigación, el resultado del rendimiento se muestra en la Tabla 11.

La Tabla 11, muestra los resultados obtenidos del rendimiento de cáscara de piña, cuyo valor en promedio fue de 13 %, con este resultado se pudo calcular cuantos kilogramos de cáscara se necesitaría para esta investigación la cual fue de 25 kg, para obtener 3 kg de biocarbón.

Tabla 11. Rendimiento de la cáscara de piña

Código	Peso de cáscara de piña (g)	Peso de la cáscara de piña seca (g)	Rendimiento de la cáscara de piña %
RC – P1	185	22,2	12
RC – P2	189	26,46	14
RC – P3	198	25,74	13
Promedio			13

**Nota.** Fuente: Elaboración propia, donde el RC - p1, indica rendimiento de la cáscara de piña 1

## 2.- Determinación de las características físicas del bioadsorbente.

La determinación de las características físicas del bioadsorbente, los cuales son la humedad, la materia volátil, la ceniza y el carbono fijo, estos resultados se muestran en la Tabla 12.

Tabla 12. Características físicas del bioadsorbente.

Humedad (%)	Materia Volátil (%)	Ceniza (%)	Carbono fijo (%)
0,95	43,59	11,62	44,79

**Nota.** Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 12, se puede evidenciar la humedad del biocarbón de cáscara de piña, la cual fue obtenida después del proceso de pirólisis, el resultado obtenido fue de 0,95 % de humedad ,asimismo se muestra el resultado obtenido en materia volátil ,dicho valor fue de 43,59 % , seguidamente se puede evidenciar el valor obtenido en ceniza del biocarbón de cáscara de piña, como resultado de dicho análisis se obtuvo un 11,62 % y por último se muestra el valor obtenido en carbono fijo del biocarbón , la que obtuvo como resultado a un 44.79 %.

## CONDICIONES DE OPERACIÓN DEL BIOADSORBENTE DE CÁSCARA DE PIÑA

### 1.- Prueba del pH para la bioadsorción

Las pruebas realizadas para determinar cuál era el pH para el tratamiento se muestran a detalle en la Tabla 13, donde se evidencia cuál es el valor adecuado para este parámetro.

La Tabla 13, evidencia el resultado obtenido de la variación del pH y la turbidez, así se decidió cual sería el valor que se emplearía en esta investigación. El resultado obtenido muestra que el valor adecuado es el pH 7 teniendo una reducción de la turbidez muy notoria.

*Tabla 13. Variación del pH y la turbidez (método Espectrofotométrico)*

<b>Código</b>	<b>volumen de muestra (mL)</b>	<b>tiempo de agitación (minutos)</b>	<b>Potencial hidrogeno (acido/base)</b>	<b>turbidez (NTU)</b>
M0	100	0	0	228
M1	100	10	2	198
M2	100	10	3	162
M3	100	10	4	110
M4	100	10	5	75
M5	100	10	7	32
M6	100	10	9	52

**Nota.** Fuente: Elaboración propia. M0 indica muestra cero

## 2.- Tamaño de partícula para el tratamiento

Para desarrollar este procedimiento, primero se tuvo que calibrar el espectrofotómetro uv/vis. Para ello se debe preparar tres soluciones a distintos ppm del contaminante, dicho proceso se detalla en la Tabla 14.

*Tabla 14. Determinación de la curva de calibración*

<b>Concentración Azul de metileno</b>	<b>Transmitancia (%)</b>	<b>Absorbancia</b>	<b>Constante K</b>	<b>Longitud <math>\Lambda</math> (nm)</b>
1 ppm	64,7	0,1891	0,1891	640
2 ppm	42,1	0,3757	0,1879	640
4 ppm	17,7	0,7520	0,1880	640
		constante K	0,1883	640

**Nota.** Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 14, se realizó la determinación de la curva de calibración en las concentraciones de 1,2 y 4 ppm con la finalidad de obtener la constante de la curva que se utilizará en todo el proceso para el análisis del biocarbón.

Después de hallar la curva de calibración, se procede a determinar cuál es la granulometría adecuada según su capacidad de adsorción para este tratamiento, dichos resultados se muestran en la Tabla 15

*Tabla 15. Capacidad de adsorción (método Espectrofotométrico UV/VIS)*

MALLA S	Agitación (minutos)	Concentración inicial (ppm)	Tramitancia (%)	Absorbancia	Constante K	Concentración (ppm)
TP-(0,3)	50	4	89,4	0,0487	0,1883	0,2584
TP-(0,3)	50	4	86,0	0,0655	0,1883	0,3479
TP-(0,6)	50	4	86,2	0,0645	0,1883	0,3425
TP-(1,0)	50	4	84,7	0,0721	0,1883	0,3830
TP-(2,0)	50	4	80,8	0,0926	0,1883	0,4917
TP-(4,0)	50	4	82,1	0,0857	0,1883	0,4549

**Nota.** Fuente: Elaboración propia. TP indica tamaño de partícula

La Tabla 15, muestra la capacidad de adsorción, se realizó en granulometrías de – 0,3 mm, 0,3 mm, 0,6 mm, 1 mm, 2 mm y 4 mm con la finalidad de observar el comportamiento de la concentración del contaminante en cada una de ellas, y en cuál de ellas sería más predominante, los valores obtenidos permitieron elegir el tamaño de partícula adecuada para esta investigación, siendo estas la de, 0,6 mm y la de 1 mm.

## **EFICIENCIA DE ADSORCIÓN DEL DEL BIOADSORBENTE DE CÁSCARA DE PIÑA**

### **1.- Cinética de la bioadsorción**

Es uno de los datos necesarios para poder desarrollar la isoterma de Langmuir, En este proceso se conocerá el comportamiento del adsorbente en relación con el tiempo, estos datos son evaluados en el espectrofotómetro uv/vis. Esto se detalla en la Tabla 16.

Tabla 16. Cinética de la adsorción de la cáscara de piña (método espectrofotometría UV/VIS)

Código	Tiempos (minutos)	Pesos de BCP (g)	Tramitancia (%)	Absorbancia	Constante (k)	Concentración (ppm)
BCP- (1-0,6)	5	0,01	18,1783	0,7404	0,1883	3,9323
BCP- (2-0,6)	10	0,04	28,3541	0,5474	0,1883	2,9070
BCP- (3-0,6)	15	0,05	38,3651	0,4161	0,1883	2,2096
BCP- (4-0,6)	20	0,07	48,3746	0,3154	0,1883	1,6749
BCP- (5-0,6)	25	0,09	56,6894	0,2465	0,1883	1,3091
BCP- (6-0,6)	30	0,10	63,1467	0,1996	0,1883	1,0603
BCP- (7-0,6)	35	0,12	69,4521	0,1583	0,1883	0,8408
BCP- (8-0,6)	40	0,13	75,6512	0,1212	0,1883	0,6436
BCP- (9-0,6)	45	0,14	79,5487	0,0994	0,1883	0,5277
BCP- (10-0,6)	50	0,18	84,7944	0,0716	0,1883	0,3804
BCP- (11-0,6)	50	0,19	88,5641	0,0527	0,1883	0,2801
BCP- (12-0,6)	50	0,21	88,5691	0,0527	0,1883	0,2800

**Nota.** Fuente: Elaboración propia

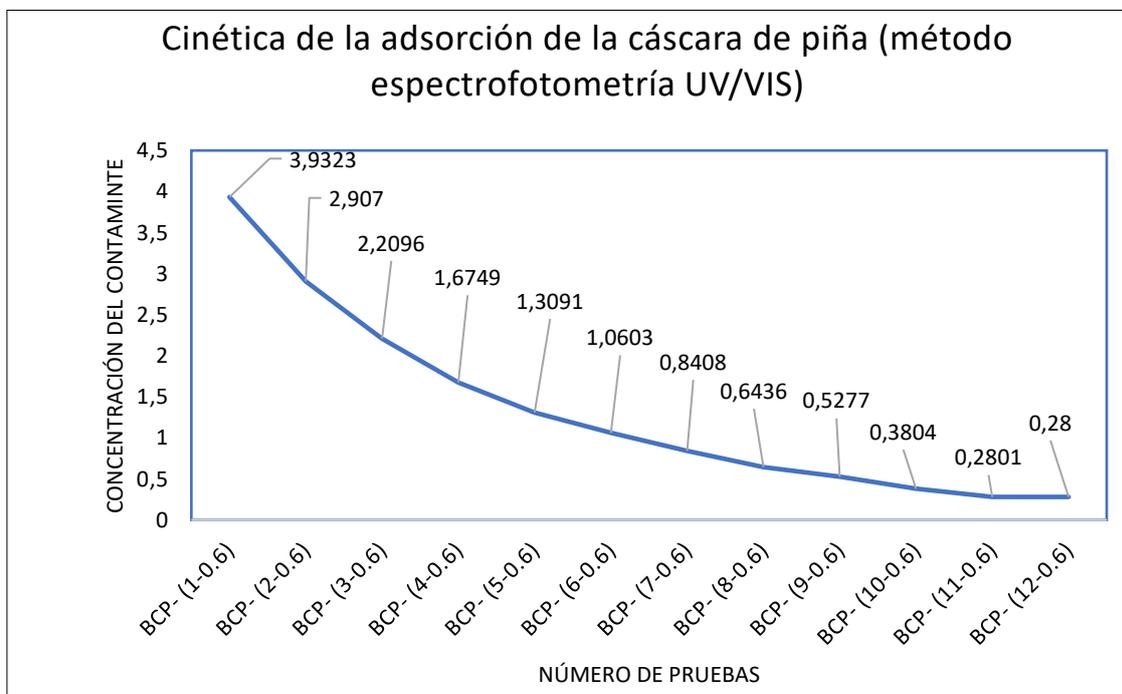


Figura 12. Comportamiento de adsorción del biocarbón a través del tiempo.

La Tabla 16 y la Figura 12, muestra la cinética de adsorción, esto brindó la información de cómo sería el comportamiento del adsorbente en los tiempos, esta información fue brindada por el espectrofotómetro uv/vis y es indispensable para la isoterma de Langmuir.

## 2.-Concentración de equilibrio

Los siguiente es hallar la concentración de equilibrio, es otro de los datos necesarios para la isoterma, esto se detalla en la Tabla 17.

*Tabla 17.Determinación de la concentración de equilibrio*

<b>Código</b>	<b>Concentración inicial (ppm)</b>	<b>Concentración final (ppm)</b>
	4,000	0
BCP- (2-0,6)	3,720	0,2801
BCP- (3-0,6)	3,440	0,3804
BCP- (4-0,6)	3,060	0,5277
BCP- (5-0,6)	2,532	0,6436
BCP- (6-0,6)	1,888	0,8408
BCP- (7-0,6)	0,8279	1,0603

**Nota.** Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 17, se aprecia como es que la concentración inicial del contaminante es adsorbida por el biocarbón de piña, en una granulometría de 0,6 mm llegando desde una concentración inicial de 4,00 ppm, hasta una concentración final de 1,0603 ppm, lo que es una reducción de 73,5 %.

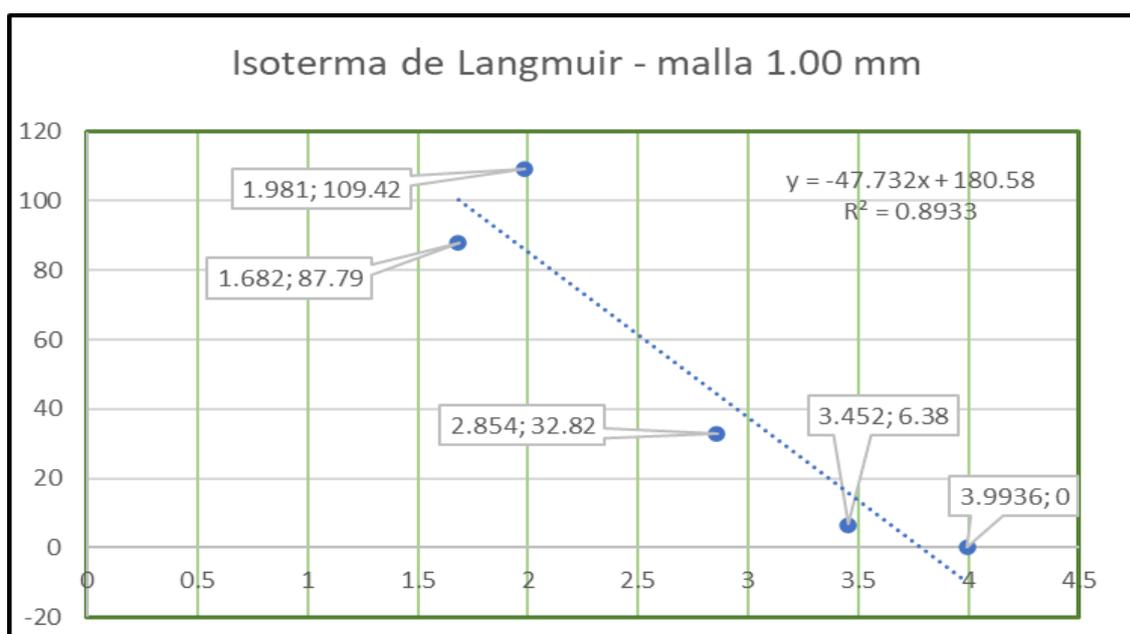
## 3.- Isoterma de Langmuir

Con los datos ya obtenidos se pudo desarrollar la isoterma de Langmuir, la forma como se halla la isoterma se detalla en la Tabla18, esta se realizó para evaluar el comportamiento de la granulometría de 1 mm.

Tabla 18. Isoterma de Langmuir 1.00 mm

Peso biocarbón (mg)	concentración de equilibrio (mg/l)	Masa del contaminante en el agua $x = C_0 - C_e$	concentración inicial $C_0$	Cantidad adsorbida $q = X/m$	concentración de equilibrio $C_e$ Eje x	concentración de equilibrio/cantidad adsorbida Eje Y (C/q)
0	3,9936	0	3,9936	0	3,9936	0
0,001	3,4521	0,5415	3,9936	0,5415	3,452	6,38
0,0131	2,8542	1,1394	3,9936	0,0870	2,854	32,82
0,1112	1,9802	2,0134	3,9936	0,0181	1,981	109,42
0,1206	1,6824	2,3112	3,9936	0,0192	1,682	87,79

Nota. Fuente: Elaboración propia



Pendiente	-47,732	Cálculo de b:	1/Pendiente	b= -0,021	
Ordenada	180,58	Cálculo de K:	1/Kb	K= 1/b*ordenada	K= -8599,05

Figura 13. Isoterma malla 1 mm

En la Tabla 18 y la Figura 13, se observa la isoterma de Langmuir donde la máxima capacidad adsorbida fue de 0,0192 mg/g, tuvo una concentración de equilibrio de 1.682, en la pendiente se pudo observar que en la malla de 1mm se saturó el biocarbón ya que muestra una disminución de 87,79 de 109,42, dando

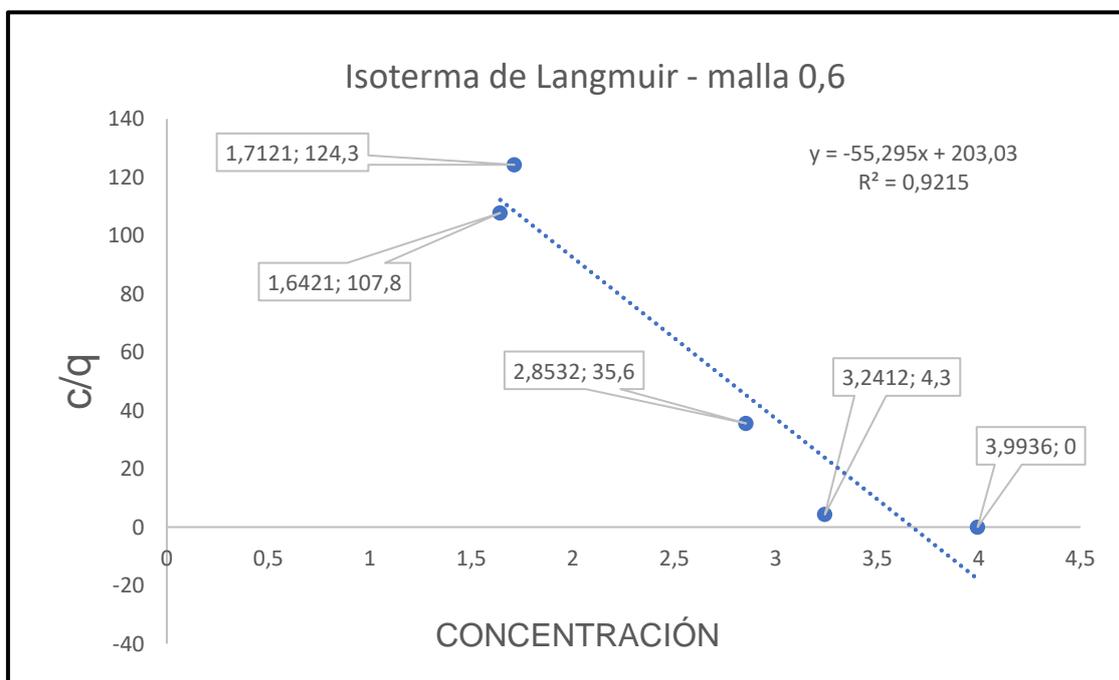
evidencia de cuál sería su rendimiento final, lo que nos lleva a corroborar la hipótesis de los estudios científicos que a menor tamaño mayor capacidad de adsorción. Se aprecia que en la ecuación de la recta su  $R^2 = 0,8933$  está más alejado del 1, lo que ha hecho que esta sea de menor atracción.

Del mismo modo, se evaluó la isoterma de Langmuir para la granulometría 0,6 mm, que se detalla en la Tabla 19.

Tabla 19. Isotherma de Langmuir (malla N° 30 – 0,6 mm)

Peso de biocarbón (mg)	Concentración de equilibrio $C_e$ (mg/kg) o ppm	Masa del contaminante en el agua $x = C_o - C_e$	concentración inicial $C_o$	Cantidad adsorbida $q = X/m$	concentración de equilibrio $C_e$	concentración de equilibrio/cantidad adsorbida (C/q)
0	3,9936	0	3,9936	0	3,9936	0
0,001	3,2412	0,7524	3,9936	0,7524	3,2412	4,3
0,0142	2,8532	1,1404	3,9936	0,0803	2,8532	35,6
0,1543	1,6421	2,3515	3,9936	0,0152	1,6421	107,8
0,1656	1,7121	2,2815	3,9936	0,0138	1,7121	124,3

Nota. Fuente: Elaboración propia



Pendiente:	-55,295	Cálculo de b:	$1/b = -55,295$	$b = -0,01808$
Ordenada	203,03	Cálculo de k:	$1/kb$	$k = -0,2724$

Figura 14. Isotherma de Langmuir - malla 0,6mm

La Tabla 19 y la Figura 14, muestran los resultados de la malla de 0,6 mm, se observó que su máxima cantidad adsorbida fue de 0,01838, pero que su cantidad adsorbida con respecto a la concentración del contaminante continua, ya que se incrementa de 107,8 a 124,3, esto evidencia que, a más tiempo de contacto, la malla tendría un efecto de retención mayor lo que indica un resultado positivo para el tratamiento de las aguas contaminadas del río Chillón con Pb (II). De acuerdo con la ecuación de la recta su  $R^2= 0,9215$  es aceptable.

## PARÁMETROS OPERACIONALES DEL AGUA DEL RIO CHILLÓN DESPUÉS DEL TRATAMIENTO CON BIOADSORBENTE

### 1,- TIEMPO DE RETENCIÓN

El tiempo de retención se determinó para saber cuánto tardaría el agua contaminada en recorrer todo el volumen de la columna de adsorción y llegar a los recipientes para las muestras. Esto se detalla en la Tabla 20.

*Tabla 20. Tiempo de retención*

TRH	V tubo	Q	Tiempo de retención (minutos)
$\frac{V(m^3)}{Q(\frac{m^3}{H})}$	2356,2 cm <sup>3</sup>	$\frac{100 \text{ cm}^3}{89 \text{ s}}$	35

La Tabla 20, muestra la forma como se pudo obtener el tiempo de retención el cual es de 35 minutos.

### 2.- PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS

Los parámetros fisicoquímicos fueron analizados por la granulometría de 1mm, los resultados de estos análisis se muestran a detalle en la Tabla 21.

En la Tabla 21, muestra el análisis de los parámetros físico - químicos del agua del río Chillón para la malla de 1mm en los diferentes tiempos, cuyo valor en pH oscila entre 7,4 a 7,9. Asimismo, la conductividad eléctrica obtenida al final del tratamiento es de 723 ( $\mu\text{S/cm}$ ), del mismo modo, el potencial redox es de 218,6 (mV) y la turbidez obtenida fue de 5,1 NTU.

*Tabla 21. Parámetros físicos - químicos del agua del río Chillón malla 1 mm*

Parámetros	Unidades	Tratamiento					
		T1	T2	T3	T4	T5	T6
		30	60	90	120	150	180
Temperatura	°C	24,5	24,5	24,5	24,5	24,5	24,5
Potencial de hidrogeno	pH	7,90	7,58	7,60	7,54	7,47	7,44
Conductividad eléctrica	μS/cm	856	838	821	785	756	723
Potencial Redox	mV	245,2	241,8	230,8	227,3	220,5	218,6
Turbidez	NTU	42,2	41,1	23,2	15,4	10,3	5,1

Del mismo modo, se realizó el análisis del mismo parámetro para la granulometría de 0,6 mm, esto se detalla en la Tabla 22.

*Tabla 22. Parámetros físicos - químicos del agua del río Chillón para malla 0,6 mm*

Parámetros	Unidades	Tratamiento					
		T1	T2	T3	T4	T5	T6
		30	60	90	120	150	180
Temperatura	°C	24,2	24,2	24,2	24,2	24,2	24,2
Potencial de hidrogeno	pH	7,39	7,32	7,26	7,22	7,18	7,16
Conductividad eléctrica	μS/cm	836	812	765	714	665	618
Potencial Redox	mV	238,1	221,4	219,5	217,3	215,2	211,6
Turbidez	NTU	24,6	18,4	16,1	14,3	8,4	2,1

En la Tabla 22, muestra el análisis de los parámetros físico - químicos del agua del río Chillón para la malla de 0,6 mm en los diferentes tiempos cuyo valor en pH oscila entre 7,1 a 7,3. Asimismo, la conductividad eléctrica obtenida al final del tratamiento es de 618 (μS/cm), del mismo modo, el potencial redox es de

211,6 (mV) y la turbidez obtenida fue de 2,1 NTU. Siendo esta malla la más eficiente en este parámetro.

Del mismo modo, se realizó el análisis del mismo parámetro para la granulometría de 1 + 0,6 mm, esto se detalla en la Tabla 23.

*Tabla 23. Parámetros físicos - químicos del agua del río Chillón malla 1+0,6 mm*

Parámetros	Unidades	Tratamiento					
		T1	T2	T3	T4	T5	T6
		30	60	90	120	150	180
Temperatura	°C	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1
Potencial de hidrogeno	pH	7,48	7,44	7,42	7,39	7,36	7,25
Conductividad eléctrica	µS/cm	841	824	798	745	719	689
Potencial Redox	mV	245,5	240,4	239,1	238,5	236,4	225,3
Turbidez	NTU	26,8	18,8	15,2	10,5	8,4	4,6

En la Tabla 23, se muestra el análisis de los parámetros físico - químicos del agua del río Chillón para la malla de 1+ 0,6 mm en los diferentes tiempos cuyo valor en pH oscila entre 7,2 a 7,4. Asimismo, la conductividad eléctrica obtenida al final del tratamiento es de 689 (µS/cm), del mismo modo, el potencial redox es de 225,3 (mV) y la turbidez obtenida fue de 4,6 NTU

### **3.- PARÁMETROS BIOLÓGICOS**

Los parámetros biológicos fueron analizados para la granulometría de malla 1mm, los resultados después del tratamiento en los seis tiempos se muestran a detalle en la Tabla 24.

Tabla 24. Parámetros biológicos del agua del río Chillón en malla 1mm

Parámetros	Unidades	Tratamiento					
		T1	T2	T3	T4	T5	T6
		30	60	90	120	150	180
Demanda química de oxígeno	mgO <sub>2</sub> /L	488,67	446,67	413,33	380,00	333,33	280,00
Demanda bioquímica de oxígeno	mgO <sub>2</sub> /L	420	398	342	311	249	127
Oxígeno disuelto	mgO <sub>2</sub> /L	2,46	2,58	2,72	3,14	3,18	3,24

En la Tabla 24, se evidencia el resultado obtenido en la determinación parámetros biológicos del agua del río Chillón en malla 1mm, cuyo valor final en demanda química de oxígeno es de 280,00 (mgO<sub>2</sub>/L), en demanda bioquímica de oxígeno se obtuvo 127,00 (mgO<sub>2</sub>/L) y en Oxígeno disuelto se obtuvo 3,24 (mgO<sub>2</sub>/L). Todos los valores obtuvieron una considerable mejora.

Del mismo modo, los parámetros biológicos fueron analizados para la granulometría de malla 1mm, los resultados de estos análisis se muestran a detalle en la Tabla 25.

En la Tabla 25, se evidencia el resultado obtenido en la determinación parámetros biológicos del agua del río Chillón en malla 0,6 mm, cuyo valor final en demanda química de oxígeno fue de 173,33 (mgO<sub>2</sub>/L), en demanda bioquímica de oxígeno se obtuvo 45 (mgO<sub>2</sub>/L) y en Oxígeno disuelto se obtuvo 3,40 (mgO<sub>2</sub>/L).

En esta malla se obtuvo los mejores resultados para estos parámetros, demostrando la efectividad de este tratamiento.

*Tabla 25. Parámetros biológicos del agua del río Chillón en malla 0,6 mm*

Parámetros	Unidades	Tratamiento					
		T1	T2	T3	T4	T5	T6
		30	60	90	120	150	180
Demanda química de oxígeno	mgO <sub>2</sub> /L	440	393,33	346,67	266,67	226,67	173,33
Demanda bioquímica de oxígeno	mgO <sub>2</sub> /L	337	283	190	129	84	45
Oxígeno disuelto	mgO <sub>2</sub> /L	2,60	2,66	2,78	3,24	3,32	3,40

Asimismo, se analizaron los parámetros biológicos para la granulometría combinada de mallas 1 + 0,6 mm, los resultados de estos análisis se muestran a detalle en la Tabla 26.

*Tabla 26. Determinación de parámetros biológicos para la granulometría combinada de mallas 1+0,6 mm*

Parámetros	Unidades	Tratamiento					
		T1	T2	T3	T4	T5	T6
		30	60	90	120	150	180
Demanda química de oxígeno	mgO <sub>2</sub> /L	473,33	433,33	406,67	366,67	306,67	260
Demanda bioquímica de oxígeno	mgO <sub>2</sub> /L	380	302	299	259	142	117
Oxígeno disuelto	mgO <sub>2</sub> /L	2,50	2,64	2,74	3,16	3,18	3,26

En la Tabla 26, se evidencia el resultado obtenido en la determinación parámetros biológicos del agua del río Chillón en granulometría combinada de mallas 1+0,6 mm, cuyo valor final en demanda química de oxígeno fue de 260,00 (mgO<sub>2</sub>/L), en demanda bioquímica de oxígeno se obtuvo 117 (mgO<sub>2</sub>/L) y en Oxígeno disuelto se obtuvo 3,26 (mgO<sub>2</sub>/L).

#### 4.- PARÁMETROS GRAVIMÉTRICOS

Se analizaron los parámetros gravimétricos para las distintas granulometrías. El resultado que se obtuvo para la malla de 1 mm se indica en la Tabla 27

*Tabla 27. Análisis de parámetros gravimétricos para la malla 1 mm*

Parámetros	Unidades	Tratamiento					
		T1	T2	T3	T4	T5	T6
		30	60	90	120	150	180
<hr/>							
Sólidos							
Suspendidos	mg/L	173	193	105	57	27	14
Totales							
Sólidos							
Totales	mg/L	438	418	315	244	152	135
Sólidos							
Disueltos	mg/L	265	225	210	187	125	121

En la Tabla 27, se evidencia los análisis de parámetros gravimétricos para la malla 1 mm, los resultados que se muestran para los sólidos suspendidos totales son 14 (mg/L), en sólidos disueltos se obtuvo 121 (mg/L) y en sólidos totales se obtuvo 135(mg/L). Se puede evidenciar una disminución notable en cada parámetro.

Del mismo modo se analizó los parámetros gravimétricos para la malla de 0,6 mm. Estos resultados se muestran en la Tabla 28.

En la Tabla 28, se evidencia los análisis de parámetros gravimétricos para la malla 0,6 mm, los resultados que se muestran para los sólidos suspendidos totales son de 3 (mg/L), en sólidos disueltos se obtuvo 87 (mg/L) y en sólidos totales se obtuvo 84(mg/L). Se puede evidenciar una disminución notable en cada parámetro, esto indica la efectividad del tratamiento para la reducción de estos parámetros.

*Tabla 28. Análisis de parámetros gravimétricos para la malla 0.6 mm*

Parámetros	Unidades	Tratamiento					
		T1	T2	T3	T4	T5	T6
		30	60	90	120	150	180
Sólidos							
Suspendidos	mg/L	81	50	43	37	17	3
Totales							
Sólidos	mg/L	291	190	170	157	110	87
Totales							
Sólidos	mg/L	210	140	127	120	93	84
Disueltos							

Del mismo modo se analizó los parámetros gravimétricos para la malla 1+0,6 mm. Estos resultados se muestran en la Tabla 29.

*Tabla 29. Análisis de parámetros gravimétricos para la malla 1+ 0,6 mm*

Parámetros	Unidades	Tratamiento					
		T1	T2	T3	T4	T5	T6
		30	60	90	120	150	180
Sólidos							
Suspendidos	mg/L	135	133	51	47	23	10
Totales							
Sólidos	mg/L	365	352	258	219	129	110
Totales							
Sólidos	mg/L	230	219	207	172	106	100
Disueltos							

La Tabla 29, evidencia los análisis de parámetros gravimétricos para la malla 1+ 0,6 mm, los resultados que se muestran para los sólidos suspendidos totales son de 10 (mg/L), en sólidos disueltos se obtuvo 110 (mg/L) y en sólidos totales se obtuvo 100 (mg/L). Se puede evidenciar una disminución notable en cada parámetro.

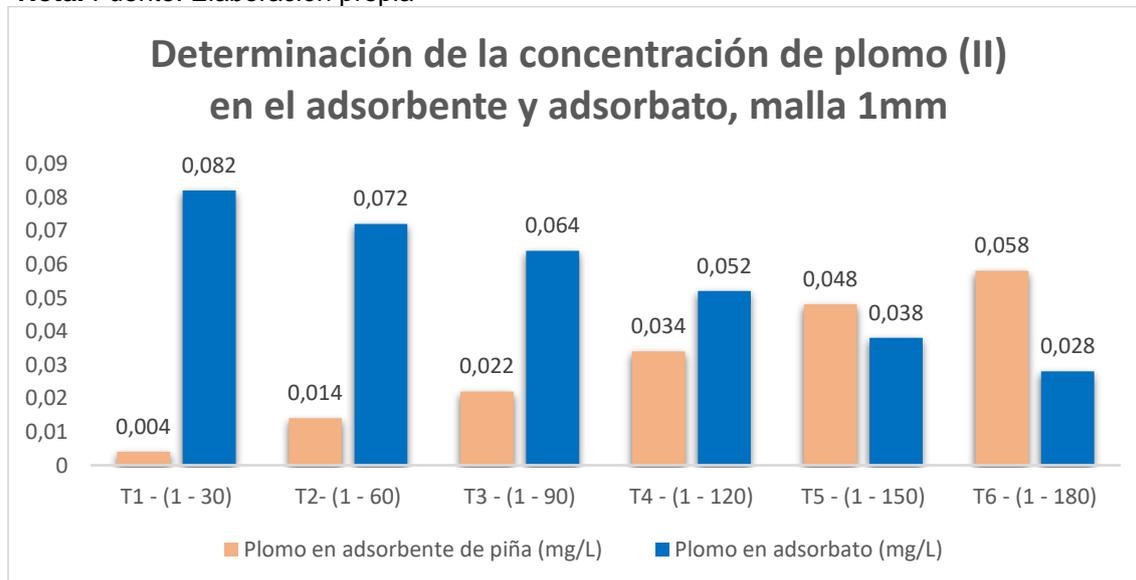
## 5.- CONCENTRACIÓN DE PLOMO (II) EN ADSORBATO Y ADSORBENTE

Se realizó el análisis final en esta investigación, para ello se determinó la concentración del plomo (II) en el adsorbato y adsorbente después del tratamiento en las distintas mallas, los análisis realizados para la malla de 1 mm se muestran en la Tabla 30.

*Tabla 30. Determinación de la concentración de plomo (II) en el adsorbente y adsorbato, malla 1mm*

Granulometría (1,0 mm)	Plomo inicial del agua (mg/L)	Plomo en adsorbato (mg/L)	Plomo en adsorbente de piña (mg/L)
T1 - (1 - 30)	0,086	0,082	0,004
T2- (1 - 60)	0,086	0,072	0,014
T3 - (1 - 90)	0,086	0,064	0,022
T4 - (1 - 120)	0,086	0,052	0,034
T5 - (1 - 150)	0,086	0,038	0,048
T6 - (1 - 180)	0,086	0,028	0,058

**Nota.** Fuente: Elaboración propia



*Figura 15. Concentración de plomo (II) en el adsorbente y adsorbato*

En la Tabla 30 y la Figura 15, se observa el comportamiento del contaminante y el bioadsorbente de malla 1mm, en cada uno de los tiempos en el que fue evaluado. Además, muestra la capacidad de adsorción del biocarbón de cáscara

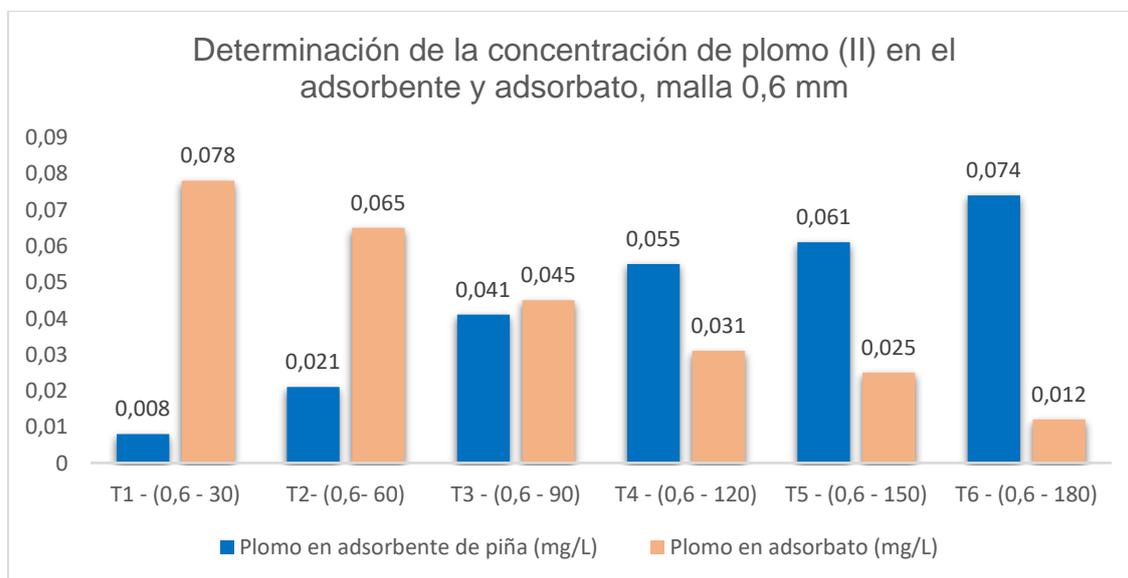
de piña, obteniéndose una reducción del contaminante en 67,44% al final del tratamiento, la misma que fue retenida en el adsorbente.

Asimismo, se determinó la concentración del plomo (II) en el adsorbato y adsorbente para la malla de 1 mm, dichos resultados se muestran en la Tabla 31.

*Tabla 31. Determinación de la concentración de plomo (II) en el adsorbente y adsorbato, malla 0,6 mm*

Granulometría (0,6 mm)	Plomo inicial del agua (mg/L)	Plomo en adsorbato (mg/L)	Plomo en adsorbente de piña (mg/L)
T1 - (0,6 - 30)	0,086	0,078	0,008
T2 - (0,6 - 60)	0,086	0,065	0,021
T3 - (0,6 - 90)	0,086	0,045	0,041
T4 - (0,6 - 120)	0,086	0,031	0,055
T5 - (0,6 - 150)	0,086	0,025	0,061
T6 - (0,6 - 180)	0,086	0,012	0,074

**Nota.** Fuente: Elaboración propia



*Figura 16. Concentración de plomo (II) en el adsorbente y adsorbato, malla 0,6 mm*

En la Tabla 31 y la Figura 16, se observa el comportamiento del contaminante y el bioadsorbente de malla 0,6 mm, en cada uno de los tiempos en el que fue evaluado. Además, muestra la capacidad de adsorción del biocarbón de cáscara de piña obteniéndose una reducción de 86,05%, mostrando su efectividad para la disminución del contaminante, la misma que fue retenida en el adsorbente.

De la misma forma, se determinó la concentración del plomo (II) en el adsorbato y adsorbente para la malla combinada de 1+0,6 mm, dichos resultados se muestran en la Tabla 32

*Tabla 32. Determinación de la concentración de plomo (II) en el adsorbente y adsorbato, malla 1+ 0,6 mm*

Granulometría (1,0 + 0,6 mm)	Plomo inicial del agua (mg/L)	Plomo en adsorbato (mg/L)	Plomo en adsorbente de piña (mg/L)
T1 - (1+0,6 - 30)	0,086	0,080	0,006
T2- (1+0,6 - 60)	0,086	0,075	0,011
T3 - (1+0,6 - 90)	0,086	0,060	0,026
T4 - (1+0,6 - 120)	0,086	0,048	0,038
T5 - (1+0,6 - 150)	0,086	0,037	0,049
T6 - (1+0,6 - 180)	0,086	0,021	0,065

**Nota.** Fuente: Elaboración propia

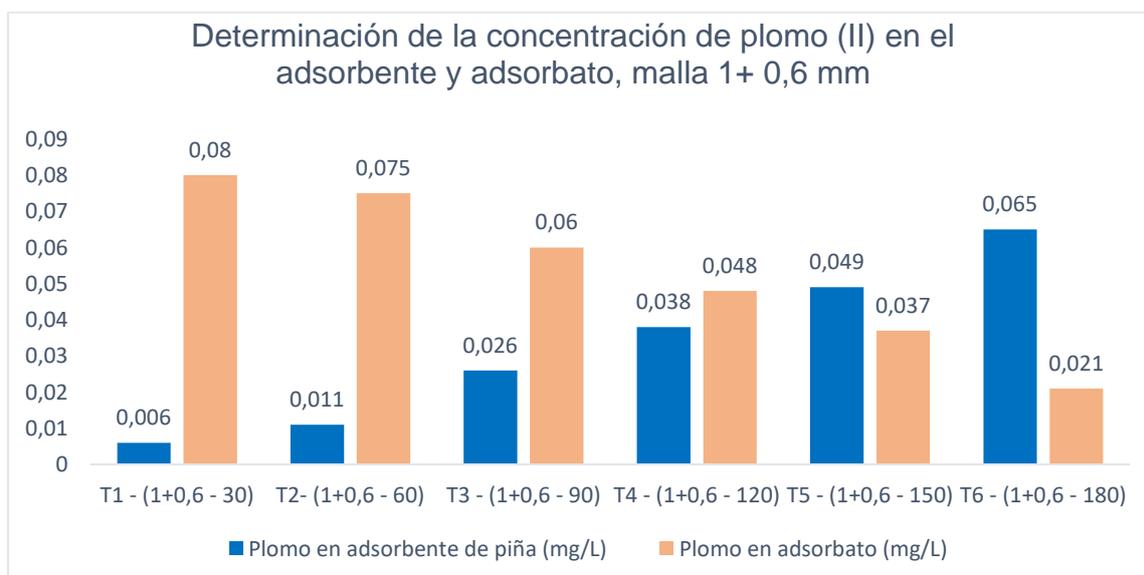


Figura 17. Concentración de plomo (II) en el adsorbente y adsorbato, malla 1+ 0,6 mm

En la Tabla 32 y la Figura 17, se observa el comportamiento del contaminante y el bioadsorbente de malla 1+ 0,6 mm, en cada uno de los tiempos en el que fue evaluado. Además, muestra la capacidad de adsorción del biocarbón de cáscara de piña obteniéndose una reducción de 75,58%.

## 6.- EFICIENCIA DEL BIOADSORBENTE

Se determinó la eficiencia de cada una de las mallas en los distintos tiempos, la Tabla 33 muestra los análisis de cada tratamiento y sus respectivos resultados.

*Tabla 33. Concentración de plomo en el adsorbato*

Tiempos	Malla 1 mm -ppm	Malla 0,6 mm- ppm	Malla 1+ 0,6mm- ppm
T1	0,082	0,078	0,080
T2	0,072	0,065	0,075
T3	0,064	0,045	0,060
T4	0,052	0,031	0,048
T5	0,038	0,025	0,037
T6	0,028	0,012	0,021
Final del tratamiento	67,44%	86,05%	75,58%.

**Nota.** Fuente: Elaboración propia

Con los resultados de la Tabla 33, se puede evidenciar la concentración final del plomo en el adsorbato del tratamiento en continuo por las distintas mallas, siendo la más relevante la malla 0,6 mm obteniendo un porcentaje de reducción de 86,05%. Esto demuestra que el bioadsorbente de cascara de pina es un eficiente reductor del contaminante plomo (II).

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO

### HIPÓTESIS GENERAL:

**H0: La capacidad de adsorción del bioadsorbente de cáscara de piña no permite tratar el agua contaminada por plomo del río Chillón, Lima-2023.**

**H1: La capacidad de adsorción del bioadsorbente de cáscara de piña permite tratar el agua contaminada por plomo del río Chillón, Lima-2023.**

En esta hipótesis se evaluará la capacidad de adsorción del bioadsorbente en relación a la concentración de plomo en el agua del río chillón, para ello primero se hará la prueba de normalidad para determinar el estadístico a utilizar. Esta prueba esta evidenciada en la Tabla 34.

Tabla 34. *Pruebas de normalidad para evaluar la capacidad de adsorción del Pb (II) en el agua contaminada con Plomo.*

Prueba de Hipótesis del Pb (II) en el agua en todo el tratamiento	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Pb (II) en el Agua_1mm 6Tiempos	,151	6	,200*	,969	6	,886
Pb (II) en el agua_0.6mm 6Tiempos	,179	6	,200*	,959	6	,816
Pb (II) en el gua_1_0.6mm 6Tiempos	,162	6	,200*	,961	6	,830

La Tabla 34, muestra la prueba de normalidad cuyo grado de libertad es menor a 50 por lo tanto será evaluado con Shapiro – Wilk lo que indica una distribución normal del tratamiento y que se debe utilizar Pearson para la prueba de hipótesis. Esta prueba se muestra en la Tabla 35.

Tabla 35. *Capacidad de adsorción del bioadsorbente y la concentración de plomo en el agua del río chillón*

		PbA_1mm6T	PbA_0.6mm6T	PbA_1_0.6mm6T
PbA_1mm6T	Correlación de Pearson	1	,976**	,992**
	Sig. (bilateral)		,001	,000
	N	6	6	6
PbA_0.6mm6T	Correlación de Pearson	,976**	1	,981**
	Sig. (bilateral)	,001		,001
	N	6	6	6
PbA_1_0.6mm6T	Correlación de Pearson	,992**	,981**	1
	Sig. (bilateral)	,000	,001	
	N	6	6	6

La Tabla 35, muestra la prueba de hipótesis con Pearson entre la capacidad de adsorción del bioadsorbente y la concentración de plomo en el agua del río chillón. Los resultados indican una correlación positiva y perfecta, además la significancia tiene un  $p < 0.05$  lo que nos indica que acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula.

### **HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

**H0: La obtención del bioadsorbente con cáscara de piña no influye en el tratamiento del agua contaminada por plomo del río Chillón, Lima-2023.**

**H1: La obtención del bioadsorbente con cáscara de piña influye en el tratamiento del agua contaminada por plomo del río Chillón, Lima-2023.**

En esta hipótesis se evaluará la obtención del bioadsorbente en relación análisis granulométrico que se realizó para poder obtenerlo y el tratamiento del agua contaminada por plomo del río Chillón, para ello primero se hará la prueba de normalidad para determinar el estadístico a utilizar. Esta prueba esta evidenciada en la Tabla 36.

Tabla 36. Pruebas de normalidad para la obtención del bioadsorbente de cáscara de piña

Obtención del biocarbón de cáscara de piña por análisis granulométrico	Kolmogórov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Granulometrías	,221	6	,200*	,884	6	,288
Bioadsorción del Pb(II)	,220	6	,200*	,884	6	,288

La Tabla 36, muestra la prueba de normalidad cuyo grado de libertad es menor a 50 por lo tanto será evaluado con Shapiro – Wilk lo que nos indica una distribución normal del tratamiento y que se debe utilizar Pearson para la prueba de hipótesis. Esta prueba se muestra en la Tabla 37.

Tabla 37. Elaboración del bioadsorbente de cáscara de piña y el tratamiento del agua contaminada por plomo del río Chillón

Obtención de la granulometría que mejor adsorbe al contaminante de Pb (II) en el agua del río Chillón	Retenido porcentaje	Peso retenido
Granulometrías	Correlación de Pearson	1,000**
	Sig. (bilateral)	,000
	N	6
Bioadsorción del Pb(II)	Correlación de Pearson	1,000**
	Sig. (bilateral)	,000
	N	6

La Tabla 37, muestra la prueba de hipótesis con Pearson en la obtención del bioadsorbente por análisis granulométrico y tratamiento del agua contaminada por plomo del río Chillón. Los resultados indican una correlación positiva y

perfecta, además la significancia tiene un  $p < 0.05$  lo que nos indica que acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula.

**H0: Las características físicas y químicas del bioadsorbente de cáscara de piña no permiten el tratamiento del agua contaminada por plomo del río Chillón, Lima-2023.**

**H1: Las características físicas y químicas del bioadsorbente de cáscara de piña permiten el tratamiento del agua contaminada por plomo del río Chillón, Lima-2023.**

En esta hipótesis se evaluará la determinación de las características físicas y químicas del bioadsorbente en relación a la cinética de adsorción en el tratamiento del agua contaminada por plomo, para ello primero se hará la prueba de normalidad para determinar el estadístico a utilizar. Esta prueba esta evidenciada en la Tabla 38.

Tabla 38. *Pruebas de normalidad de las características físicas y químicas del bioadsorbente*

La característica física y química se realizó en la prueba cinética del adsorbente de piña	Kolmogórov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Cinética de adsorción del biocarbón de piña	,116	12	,200*	,944	12	,548
Tratamiento del agua contaminada con Pb (II)	,274	12	,013	,765	12	,004

Se puede evidenciar en la Tabla 38, la prueba de normalidad y con los resultados obtenidos se puede determinar que tiene por lo tanto será evaluado con Shapiro – Wilk lo que evidencia una distribución no paramétrica por lo que se evaluará por el Rho de Spearman. Esta prueba se muestra en la Tabla 39.

Tabla 39. *Características físicas y químicas del bioadsorbente de cáscara de piña y el tratamiento del agua contaminada por plomo del río Chillón*

		CA_PBCP	TC_CAD
Rho de Spearman	CA_PBCP	1,000	-,883**
	Coeficiente de correlación		
	Sig. (bilateral)	.	,000
	N	12	12
TA-PB	Coeficiente de correlación	-,883**	1,000
	Sig. (bilateral)	,000	.
	N	12	12

De acuerdo con lo que se muestra en la Tabla 39, la significancia tiene un  $p < 0.05$  lo que nos proporciona la aceptación de la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula.

**H0: Las condiciones de operación del bioadsorbente de cáscara de piña no influyen en el tratamiento del agua contaminada por plomo del río Chillón, Lima-2023.**

**H1: Las condiciones de operación del bioadsorbente de cáscara de piña influyen en el tratamiento del agua contaminada por plomo del río Chillón, Lima-2023.**

En esta hipótesis se evaluará las condiciones de operación del bioadsorbente en relación a la isoterma de Langmuir y la bioadsorción del plomo del agua contaminada del río Chillón, para ello primero se hará la prueba de normalidad para determinar el estadístico a utilizar. Esta prueba esta evidenciada en la Tabla 40.

Tabla 40. *Pruebas de normalidad de las condiciones de operación del bioadsorbente (Isotherma Langmuir)*

Evaluación de la Isothermas de Langmuir para 1mm y 0.6mm	Kolmogórov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Capacidad de Adsorción_1mm	,216	5	,200*	,887	5	,342
Capacidad de Adsorción_0.6mm	,227	5	,200*	,854	5	,207

La Tabla 40, muestra la prueba de normalidad cuyo grado de libertad es menor a 50 por lo tanto será evaluado con Shapiro – Wilk, además se evidencia que la distribución es normal en el tratamiento y que se debe utilizar Pearson para la prueba de hipótesis. Esta prueba se muestra en la Tabla 41.

Tabla 41. *Condiciones de operación del bioadsorbente y la bioadsorción del plomo del agua contaminada del río Chillón*

		CAD_1mm	CAD_0.6mm
CAD_1mm	Correlación de Pearson	1	,967**
	Sig. (bilateral)		,007
	N	5	5
CAD_0.6mm	Correlación de Pearson	,967**	1
	Sig. (bilateral)	,007	
	N	5	5

CAD = Capacidad de adsorción

Observando la Tabla 41, se puede evidenciar la prueba de correlación entre la isoterma de Langmuir en las dos mallas empleadas en el tratamiento y la bioadsorción del plomo del agua contaminada del río Chillón, ambas muestran una correlación positiva y alta, la significancia tiene un  $p < 0,05$  lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

**H0: Las características físicas, químicas, biológicas y gravimétricas del agua contaminada por plomo después del tratamiento no serán optimizadas.**

**H1: Las características físicas, químicas, biológicas y gravimétricas del agua contaminada por plomo después del tratamiento serán optimizadas.**

En esta hipótesis se evidenciará que las características físicas, químicas, gravimétricas y biológicas serán óptimas después del tratamiento, para ello primero se hará la prueba de normalidad para determinar el estadístico a utilizar. Esta prueba esta evidenciada en la Tabla 42.

Tabla 42. *Pruebas de normalidad de parámetros físicos y químicos*

	Kolmogórov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
pH_1_0.6_1+0.6 mm	,128	18	,200*	,931	18	,204
PR_1_0.6_1+0.6mm	,174	18	,159	,920	18	,128
CE_1_0.6_0.0+1mm	,135	18	,200*	,941	18	,303

PR= potencial redox

CE= conductividad eléctrica

La Tabla 42, muestra la prueba de normalidad cuyo grado de libertad fue de 6, por lo tanto, será evaluado con Shapiro – Wilk lo que nos indica una distribución normal del tratamiento y que se debe utilizar Pearson para la prueba de hipótesis. Esta prueba se muestra en la Tabla 43.

En la Tabla 43, se detalla la prueba de hipótesis, la cual indica una correlación positiva y muy alta. Con respecto al  $p < 0,05$ , el resultado muestra que este es menor por lo tanto se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula.

*Tabla 43, Prueba de hipótesis de los parámetros físicos y químicos*

		pH 1 0.6	Eh 1 0.6	CE 1 0.6
pH_1_0.6	Correlación de Pearson	1	,666**	,745**
	Sig. (bilateral)		,003	,000
	N	18	18	18
PR_1_0.6	Correlación de Pearson	,666**	1	,755**
	Sig. (bilateral)	,003		,000
	N	18	18	18
CE_1_0.6	Correlación de Pearson	,745**	,755**	1
	Sig. (bilateral)	,000	,000	
	N	18	18	18

Del mismo modo, se hallará la normalidad para los parámetros biológicos del agua del río Chillón. Estos se detallan en la Tabla 44.

*Tabla 44. Pruebas de normalidad de parámetros biológicos*

	Kolmogórov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
OD_1_0.6_0.6+1mm	,238	18	,008	,874	18	,021
DQO_1_0.6_0.6+1m m	,100	18	,200*	,962	18	,646
DBO_1_0.60.6+1mm	,150	18	,200*	,937	18	,259

La Tabla 44, muestra la prueba de normalidad cuyo grado de libertad fue de 6, por lo tanto, será evaluado con Shapiro – Wilk la cual evidencia una distribución no paramétrica por lo que se evaluará la prueba de hipótesis por el Rho de Spearman. Esta prueba se muestra en la Tabla 45.

La Tabla 45, muestra que en esta prueba la correlación es positiva, muy alta, y tiene una significancia menor a  $p < 0.05$  por lo tanto se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula.

Tabla 45. Prueba de hipótesis para parámetros biológicos

			OD_1_0. 6	DQO_1_0. 6	DBO_1_0. 6
Rho de Spearman	OD_1_0.6	Coefficiente de correlación	1,000	-,987**	-,727**
		Sig. (bilateral)	.	,000	,001
		N	18	18	18
DQO_1_0.6	DQO_1_0.6	Coefficiente de correlación	-,987**	1,000	,649**
		Sig. (bilateral)	,000	.	,004
		N	18	18	18
DBO_1_0.6	DBO_1_0.6	Coefficiente de correlación	-,727**	,649**	1,000
		Sig. (bilateral)	,001	,004	.
		N	18	18	18

Asimismo, se hallará la normalidad para los parámetros gravimétricos. Estos se detallan en la Tabla 46.

Tabla 46, Pruebas de normalidad de parámetros gravimétricos

	Kolmogórov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
ST_1_0.6	,150	18	,200*	,926	18	,165
SST_1_0.6	,233	18	,011	,872	18	,019
SD_1_0.6	,150	18	,200*	,896	18	,048

La Tabla 46, muestra la prueba de normalidad cuyo grado de libertad fue de 6, por lo tanto, será evaluado con Shapiro – Wilk la cual evidencia una distribución no paramétrica por lo que se evaluará por el Rho de Spearman. Esta prueba se muestra en la Tabla 47.

Los parámetros gravimétricos que se muestran en la Tabla 47, tienen una correlación alta y positiva, como se puede observar además tiene una significancia de  $p < 0.05$  lo que determina que se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula.

Tabla 47. Pruebas de hipótesis de parámetros gravimétricos

			ST_1_0.6	SST_1_0.6	TB_1_0.6
Rho de Spearman	ST_1_0,6	Coefficiente de correlación	1,000	,986**	,946**
		Sig. (bilateral)	.	,000	,000
		N	18	18	18
SST_1_0,6	SST_1_0,6	Coefficiente de correlación	,986**	1,000	,964**
		Sig. (bilateral)	,000	.	,000
		N	18	18	18
SD_1_0,6	SD_1_0,6	Coefficiente de correlación	,946**	,964**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	,000	.
		N	18	18	18

**H0: El bioadsorbente con cáscara de piña no es eficiente para el tratamiento del agua contaminada por plomo del río Chillón, Lima-2023.**

**H1: El bioadsorbente con cáscara de piña es eficiente para el tratamiento del agua contaminada por plomo del río Chillón, Lima-2023.**

En esta hipótesis se evaluará la capacidad de adsorción del Pb (II) del bioadsorbente en las distintas mallas y la eficiencia en el tratamiento del agua contaminada por plomo del río Chillón, para ello primero se hará la prueba de normalidad para determinar el estadístico a utilizar. Esta prueba esta evidenciada en la Tabla 48.

*Tabla 48. Pruebas de normalidad de adsorción de Pb (II) con el biocarbón*

Pruebas de normalidad de adsorción de Pb (II) con el biocarbón	Kolmogórov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PbBC_1mm6T	,151	6	,200*	,969	6	,886
PbBC_0.6mm6T	,179	6	,200*	,959	6	,816
PbBC_1_0.6mm6T	,162	6	,200*	,961	6	,830

La Tabla 48, muestra la prueba de normalidad cuyo grado de libertad fue de 6, por lo tanto, será evaluado con Shapiro – Wilk lo que nos indica una distribución normal del tratamiento y que se debe utilizar Pearson para la prueba de hipótesis. Esta prueba se muestra en la Tabla 49.

*Tabla 49. Prueba de hipótesis para la capacidad de adsorción de Pb (II) y la eficiencia*

		PbBC_1mm 6T	PbBC_0.6mm 6T	PbBC_1_0.6mm 6T
PbBC_1mm6T	Correlación de Pearson	1	,976**	,992**
	Sig. (bilateral)		,001	,000
	N	6	6	6
PbBC_0.6mm6T	Correlación de Pearson	,976**	1	,981**
	Sig. (bilateral)	,001		,001
	N	6	6	6
PbBC_1_0.6mm6T	Correlación de Pearson	,992**	,981**	1
	Sig. (bilateral)	,000	,001	
	N	6	6	6

PbBC-1-0,6 mm 6T, indica el plomo en el biocarbón en los 6 tiempos.

En la Tabla 49, se detalla la prueba de hipótesis, la cual indica una correlación positiva y muy alta. Con respecto al  $p < 0,05$ , el resultado muestra que este es menor lo tanto se acepte la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula.

## V.- DISCUSIÓN

Según el objetivo específico, determinar la obtención del bioadsorbente de cáscara de piña para el tratamiento del agua contaminada por plomo del río Chillón, Lima-2023, este fue obtenido por pirolisis y en distintos tiempos siendo la temperatura final de 250 °C y fueron activados con HCL a 1 N , estos resultados al ser comparados con lo obtenido por Sruthi Y Shabari (2018), en su estudio que lleva por título:” Eliminación de plomo del efluente textil utilizando adsorbente de cáscara de *citrus aurantium* y adsorbente de gel de *Aloe barbadensis*” quien en su investigación primero molió el producto y luego lo calcinó directamente a 400 °C, siendo este dato diferente al hallado en esta investigación que fue realizado por etapas ,además el orden del proceso fue distinto debido a que estos autores primero molieron el producto antes de calcinarlo. Del mismo modo, López y Pincay (2020), en su investigación que lleva por título: “Evaluación de la eficiencia de bioadsorción de cáscara de banana (musa x paradisiaca) para la remoción de plomo en aguas residuales de la lubricadora “Lubriautos Mafriss””, en dicho estudio el bioadsorbente de cáscara de banana fue secada directamente en un horno a 45 °C por un periodo de cinco días, no realizo otro proceso de secado adicional , pasado el tiempo mencionado la cáscara de banana fue molido hasta conseguir el tamaño de partícula deseado y posteriormente fue tamizado para obtener su material requerido para su tratamiento, en este caso no se realizó la pirolisis para la obtención del bioadsorbente siendo este un proceso distinto al de esta investigación que si empleo como método para la obtención del bioadsorbente a la pirolisis y adicional a ello la activación del mismo con HCl 1N. Por lo mencionado se puede deducir que la obtención del bioadsorbente puede realizarse a través del reactor anaeróbico para obtener por pirolisis el bioadsorbente, considerando que los tiempos y temperatura para la obtención del mismo son diferentes dependiendo de la materia orgánica utilizada.

Asimismo, el objetivo específico determinar las características físicas y químicas del bioadsorbente de cáscara de piña para el tratamiento del agua contaminada por plomo del río Chillón, Lima-2023, los resultados obtenidos en las

características físicas y químicas son: el rendimiento de la cáscara de piña cuyo valor fue de 13 %, la humedad del biocarbón fue de 0,95%, la materia volátil fue de 43,59, la ceniza cuyo valor fue de 11,62 % , el pH fue de 7 y el carbono fijo obtuvo un valor de 44,79%, los mismos que al confrontarlos con los obtenidos por Verdugo (2017) en su investigación la cual lleva como título: “Bioadsorción de iones de plomo y cromo procedentes de aguas residuales utilizando la cáscara de la mandarina (*Citrus reticulata* var. *Clementina*)”, estudió como parámetros fisicoquímicos del bioadsorbente a la humedad con un valor de 5,49%, cenizas totales obtuvo el valor de 5,24 % y por último el pH fue de 4. Por lo mencionado, para desarrollar el tratamiento de bioadsorción, es indispensable analizar los parámetros fisicoquímicos del bioadsorbente, para poder así determinar cómo influyen estos en la bioadsorción, teniendo como referencia a uno de ellos como es el pH que es un parámetro muy importante para el tratamiento de bioadsorción ya que este influye de manera significativa en el tratamiento.

Del mismo modo, el objetivo específico determinar las condiciones de operación del bioadsorbente de cáscara de piña para el tratamiento del agua contaminada por plomo del río Chillón, Lima-2023, como resultados se obtuvo que el tiempo de contacto fue de 30 minutos por tratamiento siendo en total 6 tiempos y en sistema de continuo, el pH fue de 7, las granulometrías empleadas fueron tres : una de 1 mm , la segunda de 0,6 mm y la tercera fue combinación al 50% de la granulometría 1 y 2 el volumen fue de 2 L y la dosis fue de 400 g por columna de adsorción ,los mismos que al confrontarlos con los obtenidos por Durango, Vásquez y Zapata (2018) en su estudio que lleva por título: “Uso de cáscara de piña como adsorbente de rojo 40 (típico de la industria alimentaria)”, cuyas condiciones de operación estudiadas fueron el pH cuyo valor fue de 2, la dosis fue de 0,15 g , la granulometría empleada fue de 0,125 mm a 0,180 mm y el tiempo de contacto fue de 5 horas . En ambas investigaciones los parámetros de operación son los mismos, habiendo diferencias en cuanto a valores como la dosis, siendo para esta investigación mucho mayor y los 6 tiempos de 30 minutos como tiempo de contacto., esto debido a que este investigador hizo su tratamiento en prueba de jarras mientras que en esta investigación se realizó en

columnas de adsorción y en continuo, simulando una situación real de tratamiento en un efluente natural.

De la misma forma, el objetivo específico determinar las características físicas, químicas, gravimétricas, y biológicas del agua del río Chillón, Lima-2023 antes y después del tratamiento con el bioadsorbente de cáscara de piña, los parámetros obtenidos fueron la temperatura de 24,5 °C, el pH con un valor de 7, Conductividad eléctrica de 618 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), potencial redox de 211,6 mV, turbidez de 2,1 NTU, OD cuyo valor fue 3,40 ( $\text{mgO}_2/\text{L}$ ), DQO de 173,33 ( $\text{mgO}_2/\text{L}$ ), DBO de 45 ( $\text{mgO}_2/\text{L}$ ), ST de 87 ( $\text{mg}/\text{L}$ ), SD de 61 ( $\text{mg}/\text{L}$ ), SST de 3 ( $\text{mg}/\text{L}$ ) y la concentración final del contaminante de 0,012  $\text{mg}/\text{L}$ , los mismos que al ser comparados con lo obtenido por Apolitano y Cevallos (2018) en su investigación que por título lleva: “Efecto de la relación agua teñido/carbón activado y tiempo en la adsorción de agua residual de la etapa de teñido en una curtiembre. 2018” que, como características físicas, químicas, gravimétricas y biológicas del agua a tratar fueron el pH con un valor de 4,19, temperatura de 21,7, conductividad eléctrica de 8,41  $\text{mS}/\text{cm}$ , sólidos totales suspendidos de 3543 ppm, sólidos totales de 13520 ppm y un DQO de 10040  $\text{mg}/\text{L}$ , del mismo modo, Millán et al. (2018) en su investigación titulada: “Utilización de lechos adsorbentes de carga variable para la filtración de aguas residuales”, en cuyo estudio analizó la turbidez con una reducción fue de 70% de su valor inicial que fue de 8 NTU y la conductividad redujo un 50% de su valor inicial que fue de 180 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Por lo expuesto, se puede afirmar que los parámetros mencionados son importantes para la investigación. Sin embargo, Apolitano y Cevallos solo analizaron los parámetros inicialmente y no fueron evaluados al final del tratamiento, mientras que Millán et al. sí realizó este análisis. Por lo tanto, analizar estos parámetros como en esta investigación son importantes ya que a través de ellos se pueden observar de qué forma el bioadsorbente influye en el tratamiento, mejorando de esta manera la calidad del agua.

Del mismo modo, el objetivo específico determinar la eficiencia de adsorción del bioadsorbente de cáscara de piña para el tratamiento del agua contaminada por plomo del río Chillón, Lima-2023, los resultados mostrados en la tabla N° 49, muestran la eficiencia de adsorción del bioadsorbente de cáscara de piña siendo esta de un 86.05% , estos resultados al ser equiparados con lo obtenido por Ayob

et al. (2020) en su investigación que por título lleva: “ Residuos de piña como adsorbente para eliminar el plomo de las aguas residuales sintéticas”, como conclusión menciona que los residuos de piña tratados con NaOH tienen mayor la eficiencia de adsorción para los iones de plomo, cuyo promedio obtenido fue de 85,88 % y los no tratados obtuvieron un promedio de 52,57 %. Asimismo, Baldovi et al. (2022) en su investigación que lleva por título: “Bioadsorción de Pb(II) por cascara de plátano modificada en experimentos por lotes y columnas: una tecnología verde y de bajo costo potencial para el tratamiento de efluentes industriales”, este investigador concluye que la cáscara no modificada de plátano obtuvo mejor eficiencia de adsorción que la del carbón activado tradicional, esta eficiencia se ve reflejada en la reducción de Pb (II), la cual fue de 93,7% para la cáscara no modificada y en las pruebas de lotes y el 74,8% en las pruebas filtro de columna con carbón activado tradicional. Por lo ya mencionado se puede evidenciar que los residuos orgánicos utilizados para la obtención de bioadsorbente son adecuados para eliminar los iones metálicos Pb (II) y se pueden aplicar para el tratamiento de aguas residuales, además la activación con HCl 1N como en esta investigación permitió que este tratamiento fuera más eficiente para la remoción del contaminante en el agua del río Chillón.

## VI.- CONCLUSIONES

- Se pudo obtener un 86 % de reducción del porcentaje del Pb (II) que tenía el agua del río Chillón.
- El bioadsorbente de cáscara de piña fue obtenido por pirólisis, en distintos tiempos y temperaturas, las cuales fueron 105°C que es la temperatura baja, 180 a 200 °C la temperatura media, la temperatura alta fue de 250 °C y fueron activados con HCl a 1 N.
- Las características físicas y químicas del bioadsorbente de cáscara de piña fueron: el rendimiento de la piña cuyo valor fue de 13 %, la humedad del biocarbon fue de 0,95%, la materia volátil fue de 43,59, la ceniza cuyo valor fue de 11,62 %, el pH fue de 7 y el carbono fijo obtuvo un valor de 44,79%.
- El tratamiento se realizó en sistema continuo en un tiempo de contacto fue de 30 minutos por tratamiento siendo en total 6 tiempos (30, 60, 90, 120, 150 y 180 minutos), el pH fue de 7, la granulometría empleada fue de 1 mm, de 0,6 mm y una combinación al 50% de la granulometría 1 y 2 y la dosis fue de 400 g por columna de adsorción y el volumen 2 litros.
- Las características físicas, químicas, gravimétricas, y biológicas en el tratamiento fueron la temperatura de 24,5 °C, el pH con un valor de 7, Conductividad eléctrica de 618 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), potencial redox de 211,6 mV, turbidez de 2,1 NTU, OD de 3,40 ( $\text{mgO}_2/\text{L}$ ), DQO de 173,33 ( $\text{mgO}_2/\text{L}$ ), DBO de 45 ( $\text{mgO}_2/\text{L}$ ), ST de 87 ( $\text{mg}/\text{L}$ ), SD de 61 ( $\text{mg}/\text{L}$ ), SST de 3 ( $\text{mg}/\text{L}$ ) y la concentración final del contaminante de 0,012  $\text{mg}/\text{L}$ .
- La eficiencia del bioadsorbente de cáscara de piña, fue evaluada en la granulometría 0,6 mm, la cual tuvo la mayor reducción de plomo siendo este valor de 0,012  $\text{mg}/\text{L}$  en el adsorbato y 0,074  $\text{mg}/\text{L}$  en el adsorbente.

## **VII.- RECOMENDACIONES**

- Para futuros estudios que incluya la obtención del adsorbente por pirólisis, es necesario realizar pruebas de temperatura antes de someter la materia orgánica al reactor anaeróbico para así determinar la temperatura adecuada, que necesita el residuo orgánico que sea objeto de investigación.
- Para el secado de la cáscara de piña, debe prepararse un desecador casero para así poder evitar la proliferación de larvas de insecto.
- Realizar estudios con parámetros adicionales a los ya mencionados como densidad aparente, densidad real, porosidad, espectroscopía infrarroja (FTIR).

## REFERENCIAS

- ACUÑA OJEDA, Billy Walter. Adsorción de plomo (II) usando carbón activado comercial como adsorbente en el tratamiento de aguas contaminadas del lago Junín, departamento de Junín. 2018.
- APOLITANO BECERRA, Maycol Robert; CEVALLOS PÉREZ, Hartman Jesús. Efecto de la relación agua teñido/carbón activado y tiempo en la adsorción de agua residual de la etapa de teñido en una curtiembre. 2018.
- AYOB, Amsyar, et al. Pineapple waste as an adsorbent to remove lead from synthetic wastewater. *Int. J. Latest Res. Eng. Manag*, 2020, vol. 4, p. 1-8.
- BALDOVI, Aldrew Alencar, et al. Biosorción de Pb (II) por cáscara de plátano no modificada en experimentos por lotes y columnas: una tecnología verde potencial y de bajo costo para el tratamiento de efluentes industriales. *Water, Air, & Soil Pollution*, 2022, vol. 233, no 12, p. 490.
- BETANCUR-CHICUÉ, Viviana, et al. Instrumento para la identificación de competencias digitales docentes: Validación de un instrumento basado en el DigCompEdu en la Universidad de la Salle, Colombia. *Revista Prisma Social*, 2023, no 41, p. 27-46.
- CABRERA, Daysy. Evaluación de la capacidad de biosorción de plomo (II) empleando biomasa vegetal inerte (tallo de rosas) como adsorbente. Tesis. (Maestra en ciencias). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín, 2018. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/8217/FSMcachdy2.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Decreto Supremo N° 001-2010-AG. Ley de Recursos Hídricos. Ministerio del ambiente, Lima, Perú, 27 de diciembre de 2014.

Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Ministerio del Ambiente - MINAM, Lima, Perú, 7 de junio de 2017.

DIGESA impulsa ley que regula el contenido del plomo en las pinturas. DIGESA.25 de septiembre de 2020. Disponible en: <http://www.digesa.minsa.gob.pe/noticias/Setiembre2020/nota54.asp>

DIGESA impulsa ley que regula el contenido del plomo en las pinturas. DIGESA. \_\_25 de septiembre de 2020. Disponible en: <http://www.digesa.minsa.gob.pe/noticias/Setiembre2020/nota54.asp>

Dora Luz Gómez Aguilar, Javier Andrés Esteban Muñoz, & Deisy Baracaldo Guzmán. (2020). Tecnologías no convencionales para la remoción de plomo presente en aguas residuales: Una revisión bibliográfica 2010-2019. *Tecnura*, 24(64), 97-116. doi:<https://doi.org/10.14483/22487638.15849>

DURANGO, Viviana Liseth Urrego, Paula Andrea VÁSQUEZ-NOREÑA a Rolando Barrera ZAPATA. Uso de cáscara de piña como adsorbente de rojo 40 (típico de la industria alimentaria). *Revista Colombiana De Investigaciones Agroindustriales* [en línea]. 2018, vol. 5, no. 1, s. 87-95.

EL SAIDY NAGHAM, R. et al. Wastewater remediation of heavy metals and pesticides using rice straw and/or zeolite as bioadsorbents and assessment of treated wastewater reuse in the culture of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Environmental Monitoring and Assessment* [online]. 2020, vol. 192, no. 12. ISSN 0167-6369.

ESPINOZA FREIRE, Eudaldo Enrique. Las variables y su operacionalización en la investigación educativa. Parte I. *Conrado*, 2018, vol. 14, p. 39-49.

ESTEBAN NIETO, Nicomedes. Tipos de investigación. 2018.

FELIPE, Edwin Rojas, et al. Capacidad biosortiva del *Nostoc commune* en la separación del plomo de aguas contaminadas. *Revista Alfa*, 2023, vol. 7, no 19, p. 37-44.

- FLORES CASAVARDE, Aydee; ROJAS RIVERA, Erika. Columnas de lixiviación con matrices de biocarbón de coco y pecana para aguas residuales domésticas vertidas al río Alameda, Ayacucho. 2023.
- FLORES, Carmen M. et al. Evaluation of Physicochemical Parameters and Heavy Metals in Water and Surface Sediment in the Ilusiones Lagoon, Tabasco, Mexico. *Tecnología y Ciencias Del Agua* [online]. 2018, vol. 9, no. 2, s. 1-18. ISSN 0187-8336.
- FERNÁNDEZ YEPES, Alberto. Análisis preliminar de modelos de pirólisis de biomasa para generación de combustibles a partir de residuos. 2020.
- FOROUTAN, Rauf, et al. Characteristics and performance of Cd, Ni, and Pb bio-adsorption using *Callinectes sapidus* biomass: real wastewater treatment. *Environmental Science and Pollution Research*, 2019, vol. 26, p. 6336-6347.
- GARCÍA SÁNCHEZ, Fanny María Guadalupe, et al. Diseño de un sistema de adsorción a base de arcilla para la remoción de plomo. 2021.
- GÓMEZ, Rosa Catalina Hernández, et al. Evaluación de la capacidad de bioadsorción de plomo (ii) presente en afluentes sintéticos, utilizando bioadsorventes de origen vegetal. *Publicaciones e Investigación*, 2018, vol. 12, no 1, p. 101-111.
- Guía de la Gestión Integrada de Recursos Hídricos para Gobiernos Locales. ANA. Junio de 2013. Disponible en <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/guiagegestion-integrada-recursos-hidricos-gobiernos-locales>
- HERNÁNDEZ-SAMPIERI, Roberto; MENDOZA, Christian. *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Mcgraw-hill, 2020. ISSN 24220582.
- LÓPEZ BRAVO, Héctor David; PINCAY MEJÍA, Jasmirely Elizabeth. *Evaluación de la eficiencia de bioadsorción de cáscara de banana (musa x paradisiaca) para la remoción de plomo en aguas*

- residuales de la lubricadora "Lubriautos Mafriss".* 2020. Tesis de Licenciatura. Calceta: ESPAM MFL.
- MADUEÑO, F.; GARCÍA, M. Determinación de metales pesados (Plomo y Cadmio) en lechuga (*Lactuca sativa*) de mercados de Lima metropolitana. *Cienc. Investig*, 2018, vol. 21, p. 19-23.
- MENÉNDEZ, Julio; MUÑOZ, Sócrates. Contaminación del agua y suelo por los relaves mineros. *Paideia XXI*, 2021, vol. 11, no 1, p. 141-154.
- MILLÁN, Fernando, et al. Utilización de lechos adsorbentes de carga variable para la filtración de aguas residuales. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia*, 2018, vol. 41, no 1, p. 2-14.
- MONTOYA, Efrén Eugenio Chaparro, et al. Comparación del proceso de secado de los residuos de cáscara de tuna y corona de piña. *REVISTA CIENCIA Y TECNOLOGÍA-Para el Desarrollo-UJCM*, 2020, vol. 5, no 9, p. 4-9.
- NICARAGUA, Estelí. Metodología de la investigación e investigación aplicada para Ciencias Económicas y Administrativas. *Revista de La Universidad Autónoma*, 2018, p. 1-89.
- ORSINI, Sandra Milena Daza; APARICIO, Gina Patricia Parra.  
ESPECTROSCOPIA DE INFRARROJO CON TRANSFORMADA DE FOURIER (FT-IR) PARA ANÁLISIS DE MUESTRAS DE HARINA DE TRIGO, FÉCULA DE MAÍZ Y ALMIDÓN DE YUCA. @ *limentech*, *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 2021, vol. 19, no 1.
- PARREÑO URQUIZO, Angel Floresmilo; OCAÑA COELLO, Silvana Paola; IGLESIAS MORELL, Antonio. Gestión de la calidad en unidades de salud de la ciudad de Riobamba. *Revista Cubana de Medicina Militar*, 2021, vol. 50, no 2.
- PONCE, Juana Matilde Pilligua, et al. Disminución de cromo y cobre en aguas residuales utilizando cáscaras (naranja y banano) como bioadsorbente. *infoANALÍTICA*, 2022, vol. 10, no 2, p. 37-63. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8620999>. ISSN 247 7-8788

- REY, Alexis Rodríguez, et al. Efectos nocivos del plomo para la salud del hombre. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 2017, vol. 35, no 3, p. 251-271.
- SANTANDER, Paola, et al. Lignin-based adsorbent materials for metal ion removal from wastewater: A review. *Industrial Crops and Products*, 2021, vol. 167, p. 113510. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113510>
- SERNAQUE NAVARRO, Luis Miguel. La modalidad de contratación cas y su relación con la satisfacción laboral de los trabajadores del área de digitalización SUNARP-Lima, 2023. 2023.
- SRUTHI, R.; SHABARI, M. Removal of lead from textile effluent using Citrus aurantium peel adsorbent and Aloe barbadensis gel adsorbent . *Int. Res. J. Eng. Technol*, 2018, vol. 5, p. 3881-3885.
- TAMAY CRESPO, Andrea Paulina. *Determinación de la capacidad de biosorción y desorción de la corona de piña (Ananas comosus) para la remoción de metales pesados*. 2019. Tesis de Licenciatura.
- VENTURA-LEÓN, José Luis; ARANCIBIA, Marcelo; MADRID, Eva. La importancia de reportar la validez y confiabilidad en los instrumentos de medición: Comentarios a Arancibia et al. *Revista médica de Chile*, 2017, vol. 145, no 7, p. 955-956.
- VERDUGO VERGARA, José Francisco. *Bioadsorción de iones de plomo y cromo procedentes de aguas residuales utilizando la cáscara de la mandarina (Citrus reticulata var. Clementina)*. 2017. Tesis de Licenciatura.
- VITOR-RAMOS, Y., OCHOA-ESCOBAR, E. and MOGGIANO-ABURTO, N., 2022. Bioadsorption by Coffee Leaves in Polluted River Mantaro Water at Central Peru. *IOP Conference Series. Earth and Environmental Science*, 01, vol. 952, no. 1, pp. 012005 ProQuest Central. Disponible en: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/952/1/012005>.ISSN 17551307
- YADAV, Monika; JADEJA, Rajendrasinh; THAKORE, Sonal. An Ecofriendly Approach for Methylene Blue and Lead (II) Adsorption onto

Functionalized Citrus limetta Bioadsorbent. *Environmental Processes*,  
2022, vol. 9, no 2, p. 27

ANEXOS

Anexo N° 1 Matriz de Consistencia

Bioadsorbente con cáscara de piña para el tratamiento de aguas contaminadas por plomo del río Chillón, Lima, 2023							
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variable	Dimensiones	Indicadores	Método	
<b>General:</b>	<b>General:</b>	<b>General:</b>	<b>Variable independiente</b>			<b>Tipo de investigación</b> : aplicada	
¿Cuál es la adsorción del bioadsorbente con cáscara de piña para el tratamiento de aguas contaminadas por plomo del río Chillón, Lima 2023?	Evaluar la capacidad de adsorción del bioadsorbente de cáscara de piña para el tratamiento del agua contaminada por plomo del río Chillón, Lima-2023	La capacidad de adsorción del bioadsorbente de cáscara de piña permite tratar el agua contaminada por plomo del río Chillón, Lima-2023.	Bioadsorbente con cáscara de Piña	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obtención del bioadsorbente de cáscara de piña</li> <li>• Características físicas y químicas del bioadsorbente</li> <li>• Peso y tamaño de partícula para el tratamiento.</li> <li>• adsorción del bioadsorbente de cáscara de piña</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acondicionamiento de la cascara de piña</li> <li>• Rendimiento</li> </ul>	<b>Diseño de investigación</b> : Experimental	
<b>Específicos:</b>	<b>Específicos:</b>	<b>Específicos:</b>			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Humedad</li> <li>• Materia volátil</li> <li>• Cenizas</li> <li>• Carbono fijo</li> <li>• Potencial de hidrogeno</li> </ul>		<b>Enfoque:</b> cuantitativo
¿Cómo se obtendrá el bioadsorbente de cascara de piña para el tratamiento del agua contaminada por plomo del río Chillón, Lima-2023?	Determinar la obtención del bioadsorbente de cáscara de piña para el tratamiento del agua contaminada por plomo del río Chillón, Lima-2023.	La obtención del bioadsorbente con cáscara de piña influye en el tratamiento del agua contaminada por plomo del río Chillón, Lima-2023.			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis granulométrico</li> <li>• Dosis del tratamiento</li> <li>• Prueba del pH para la bioadsorción</li> </ul>		
				<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cinética de la bioadsorción</li> <li>• Concentración de equilibrio</li> <li>• Isoterma de Langmuir</li> <li>• Prueba de espectrofotometría UV/VIS</li> <li>• Formula de eficiencia</li> </ul>	<b>Población</b>  Para la población se considerará a las aguas del		

¿Cuáles son las características físicas y químicas del bioadsorbente de cáscara de piña para el tratamiento del agua contaminada por plomo del río Chillón, Lima-2023?	Determinar las características físicas y químicas del bioadsorbente de cáscara de piña para el tratamiento del agua contaminada por plomo del río Chillón, Lima-2023.	Las características físicas y químicas del bioadsorbente de cáscara de piña permiten el tratamiento del agua contaminada por plomo del río Chillón, Lima-2023.	<b>Variable dependiente</b>  Aguas contaminadas por plomo del río Chillón	<ul style="list-style-type: none"> <li>• características físicas, químicas, gravimétricas, y biológicas del agua del río Chillón.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura</li> <li>• Potencial de hidrogeno</li> <li>• Conductividad eléctrica</li> <li>• Potencial redox</li> <li>• Turbidez</li> <li>• Oxígeno disuelto</li> <li>• Demanda química de oxígeno</li> <li>• Demanda bioquímica de oxígeno</li> <li>• Sólidos disueltos totales</li> <li>• Sólidos Disueltos</li> <li>• Sólidos suspendidos totales</li> <li>• Concentración de plomo en el agua</li> <li>• Concentración de plomo en el Bioadsorbente</li> </ul>	río Chillón, que se encuentran en el distrito de puente piedra.  <b>Muestra:</b>  Las muestras serán tomadas en el río chillón.  <b>Técnica</b> Estadística
¿Cuáles son las condiciones de operación del bioadsorbente de cáscara de piña para el tratamiento del agua contaminada por plomo del río Chillón, Lima-2023?	Determinar las condiciones de operación del bioadsorbente de cáscara de piña para el tratamiento del agua contaminada por plomo del río Chillón, Lima-2023	Las condiciones de operación del bioadsorbente de cáscara de piña influyen en el tratamiento del agua contaminada por plomo del río Chillón, Lima-2023.				
¿Cuáles son las características físicas, químicas, gravimétricas, y biológicas antes y después del tratamiento con el bioadsorbente de cáscara de piña?	Determinar las características físicas, químicas, gravimétricas, y biológicas del agua del río Chillón, Lima-2023 antes y después del tratamiento con el bioadsorbente de cáscara de piña.	Las características físicas, químicas, biológicas y gravimétricas del agua contaminada por plomo después del tratamiento serán optimizadas.				
¿Cuál es la eficiencia de adsorción del bioadsorbente de cáscara de piña para el tratamiento del agua	Determinar la eficiencia de adsorción del bioadsorbente de cáscara de piña para el tratamiento del agua contaminada por plomo del río Chillón, Lima-2023	El bioadsorbente con cáscara de piña es eficiente para el tratamiento del agua contaminada por plomo				

contaminada por plomo del río Chillón, Lima-2023?		del río Chillón, Lima-2023.				
---	--	-----------------------------	--	--	--	--

Anexo N° 2 Matriz de Operacionalización de variables

Título: Bioadsorbente con cáscara de piña para el tratamiento de aguas contaminadas por plomo del río Chillón, Lima, 202					
Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad
<b>Variable independiente</b>  Bioadsorbente con cáscara de Piña	La bioadsorción es el empleo de residuos agrícolas con el propósito de utilizarlos para adsorber metales pesados presentes en aguas residuales (Sánchez et al.,2021).	Para realizar el tratamiento con bioadsorbente de cáscara de piña fue imprescindible conocer la obtención del biocarbón de cáscara de piña sus características físicas y químicas. Del mismo modo, el peso y tamaño de partícula. Así mismo, Capacidad de adsorción del bioadsorbente de cáscara de piña	Obtención del bioadsorbente de cáscara de piña	Acondicionamiento de la cascara de piña	kg
				Rendimiento	%
			Características físicas y químicas del bioadsorbente	Humedad	%
				Materia volátil	%
				Cenizas	%
				Carbono fijo	%
			Potencial de hidrogeno	pH	
Peso y tamaño de partícula para el tratamiento	Análisis granulométrico	mn			

				Dosis del tratamiento	g
				pH para la bioadsorción	pH
			Adsorción del bioadsorbente de cáscara de piña	Cinética de la bioadsorción	mg/g
				Concentración de equilibrio	mg/l
				Isoterma de Langmuir	mg/g
				Dosis del tratamiento	g
				Prueba de espectrofotometría UV/VIS	nm
				Formula de eficiencia	%
<b>Variable dependiente</b>	Los remanentes industriales son aquellos cuya naturaleza ha sido alterada y esto por causa de aquellas sustancias contaminantes que han sido agregadas en ellas por las actividades	Para el tratamiento de aguas contaminadas por plomo de río Chillón es necesario conocer características físicas, químicas, gravimétricas, y biológicas del agua del río Chillón, antes del tratamiento, así como, después del tratamiento.		Temperatura	°C
Aguas contaminadas por plomo del río Chillón.				Turbidez	NTU
				Conductividad eléctrica	µS/cm
				Potencial redox	mV
				Potencial de hidrogeno	pH
				Oxígeno disuelto	mgO <sub>2</sub> /l

	antropogénicas (Sánchez et al.,2021).		características físicas, químicas, gravimétricas, y biológicas del agua del río Chillón.	Demanda química de oxígeno	mgO <sub>2</sub> /l
				Demanda bioquímica de oxígeno	mgO <sub>2</sub> /l
				Sólidos disueltos totales	mg/l
				Sólidos Disueltos	mg/l
				Sólidos suspendidos totales	mg/l
				Concentración de plomo en el agua	mg/l
				Concentración de plomo en el Bioadsorbente	mg/l

Anexo N°3 certificados de los análisis del laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

SOLICITADO POR : Lázaro Córdova, Henry Michael  
 Procedencia de muestra: Panamericana norte Km Río Chillón -Puente Piedra  
 Recepción de muestra : Lima, 05 de mayo del 2023  
 Análisis de agua contaminado con Plomo (Río Chillón)

Código	Temperatura °C	Potencial de hidrogeno (acido/base)	Conductividad eléctrica (µS/cm)	Potencial redox (mV)
PFQ-ARCH	24.1	6.26	875	189.56

Código	oxígeno disuelto (mgO <sub>2</sub> /lt)	Demanda química de oxígeno (mgO <sub>2</sub> /lt)	Demanda bioquímica de Oxígeno (mgO <sub>2</sub> /lt)
OD – DQO-DBO	3.99	513.33	583.00

Código	Sólidos Totales (mg/l)	Sólidos disueltos (mg/l)	Sólidos suspendidos totales (mg/l)	Turbidez NTU
ST -SD - SST	442.9	278.2	164.7	228

Código	Humedad (%)	Materia Volátil (%)	Ceniza (%)	Carbono fijo (%)
PF-BCP	0.95	43.53	11.62	44.85

Código	volumen de muestra (ml)	Medio de la muestra (acido)	volumen de lectura (ml)	Concentración Pb (II) (mg/l)
Pb (II) - ARCH	100	HCl	25	0.086

Métodos: potenciometría, método Winkler, método del dicromato por reflujo, métodos gravimétricos, método espectrofotométrico, método Norma ASTM D 2216, Norma ASTM D 3175, Norma ASTM D 5142, Norma ASTM D 3172.

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú  
 Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245  
 e-mail: [labespectro@uni.edu.pe](mailto:labespectro@uni.edu.pe)



## UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica  
Laboratorio de Espectrometría

Código	Tramitancia (%)	Absorbancia	Constante (k)	Concentración (ppm)
BCP- (1-0.6)	18.1783	0.7404	0.1883	3.9323
BCP- (2-0.6)	28.3541	0.5474	0.1883	2.9070
BCP- (3-0.6)	38.3651	0.4161	0.1883	2.2096
BCP- (4-0.6)	48.3746	0.3154	0.1883	1.6749
BCP- (5-0.6)	56.6894	0.2465	0.1883	1.3091
BCP- (6-0.6)	63.1467	0.1996	0.1883	1.0603
BCP- (7-0.6)	69.4521	0.1583	0.1883	0.8408
BCP- (8-0.6)	75.6512	0.1212	0.1883	0.6436
BCP- (9-0.6)	79.5487	0.0994	0.1883	0.5277
BCP- (10-0.6)	84.7944	0.0716	0.1883	0.3804
BCP- (11-0.6)	88.5641	0.0527	0.1883	0.2801
BCP- (12-0.6)	88.5691	0.0527	0.1883	0.2800

Cinética de adsorción (método espectrofotometría UV/V)

Peso biocarbón (mg)	concentración de equilibrio (mg/l)	Masa del contaminante en el agua $x = C_0 - C_e$	Cantidad adsorbida $q = X/m$	concentración de equilibrio $C_e$ Eje x C	concentración de equilibrio/cantidad adsorbida Eje Y (C/q)
0	3.9936	0	0	3.9936	0
0.001	3.4521	0.5415	0.5415	3.452	6.38
0.0131	2.8542	1.1394	0.0870	2.854	32.82
0.1112	1.9802	2.0134	0.0181	1.981	109.42
0.1206	1.6824	2.3112	0.0192	1.682	87.79

Isoterma de Langmuir (1 mm) (método de adsorbancia por espectrofotometría UV/V)

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301 -Perú  
Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245  
e-mail: [labespectro@uni.edu.pe](mailto:labespectro@uni.edu.pe)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

Análisis de adsorción del biocarbón de cascara de piña

N° Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	Parcial retenido (%)	retenido (+) (g)	pasa (-) (g)
1/4"	6.30	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 5	4.00	48.20	17.63	17.63	82.37
N°10	2.00	92.60	33.87	51.50	48.50
N° 18	1.00	55.60	20.34	71.84	28.16
N°30	0.60	30.00	10.97	82.81	17.19
N° 50	0.30	26.20	9.58	92.39	7.61
N° -50	-0.30	20.80	7.61	100.00	0.00

Método: Norma ASTM D422

Código	Transmitancia (%)	Absorbancia	Constante K	Longitud $\Lambda$ (nm)
1 ppm	64.7	0.1891	0.1891	640
2 ppm	42.1	0.3757	0.1879	640
4 ppm	17.7	0.7520	0.1880	640
		constante K	0.1883	640

Determinación de curva de calibración (método espectrofotometría UV/V)

MALLAS	Tramitancia (%)	Absorbancia	Constante K	Concentración (ppm)
TP-(-0.3)	89.4	0.0487	0.1883	0.2584
TP-(0.3)	86.0	0.0655	0.1883	0.3479
TP-(0.6)	86.2	0.0645	0.1883	0.3425
TP-(1.0)	84.7	0.0721	0.1883	0.3830
TP-(2.0)	80.8	0.0926	0.1883	0.4917
TP-(4.0)	82.1	0.0857	0.1883	0.4549

Capacidad de adsorbancia (método espectrofotometría UV/V)

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú

Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245

e-mail: [labespectro@uni.edu.pe](mailto:labespectro@uni.edu.pe)



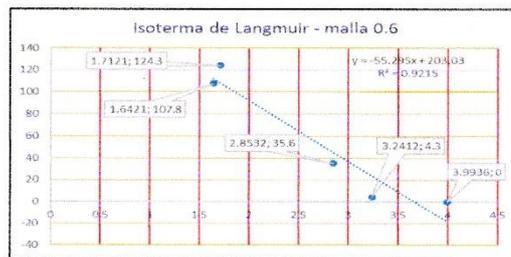
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

Peso de biocarbón (mg)	Concentración de equilibrio $C_e$ (mg/kg) o ppm	Masa del contaminante en el agua $x = C_0 - C_e$	Cantidad adsorbida $q = X/m$	concentración de equilibrio $C_e$	concentración de equilibrio/cantidad adsorbida ( $C/q$ )
0	3.9936	0	0	3.9936	0
0.001	3.2412	0.7524	0.7524	3.2412	4.3
0.0142	2.8532	1.1404	0.0803	2.8532	35.6
0.1543	1.6421	2.3515	0.0152	1.6421	107.8
0.1656	1.7121	2.2815	0.0138	1.7121	124.3

Isoterma de Langmuir (0.6 mm) (método espectrofotometría UV/V)



Lima, 18 de mayo del 2023

  
MSc. Atilio Mendoza A.  
Jefe Lab. Espectrometría

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú  
Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245  
e-mail: [labespectro@uni.edu.pe](mailto:labespectro@uni.edu.pe)



## UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

### Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

Granulometría (1,0.6, 0.6+1 mm)	Oxígeno disuelto (1mm) (mgO <sub>2</sub> /lt)	Oxígeno disuelto (0.6 mm) (mgO <sub>2</sub> /lt)	Oxígeno disuelto (0.6+1mm) (mgO <sub>2</sub> /lt)
T1 - (30 minutos)	2.46	2.60	2.50
T2- (60 minutos)	2.58	2.66	2.64
T3 - (90 minutos)	2.72	2.78	2.74
T4 - (120 minutos)	3.14	3.24	3.16
T5 - (150 minutos)	3.18	3.32	3.18
T6 - (180 minutos)	3.24	3.40	3.26

Granulometría (1,0.6, 0.6+1 mm)	Demanda química oxígeno (1mm) (mgO <sub>2</sub> /lt)	Demanda química Oxígeno (0.6 mm) (mgO <sub>2</sub> /lt)	Demanda química Oxígeno (0.6+1mm) (mgO <sub>2</sub> /lt)
T1 - (30 minutos)	486.67	440.00	473.33
T2- (60 minutos)	446.67	393.33	433.33
T3 - (90 minutos)	413.33	346.67	406.67
T4 - (120 minutos)	380.00	266.67	366.67
T5 - (150 minutos)	333.33	226.67	306.67
T6 - (180 minutos)	280.00	173.33	260.00

Granulometría (1,0.6, 0.6+1 mm)	Demanda bioquímica oxígeno (1mm) (mgO <sub>2</sub> /lt)	Demanda bioquímica Oxígeno (0.6 mm) (mgO <sub>2</sub> /lt)	Demanda bioquímica Oxígeno (0.6+1mm) (mgO <sub>2</sub> /lt)
T1 - (30 minutos)	420.00	377	380
T2- (60 minutos)	398.00	283	328
T3 - (90 minutos)	342.00	190	299
T4 - (120 minutos)	311.00	129	259
T5 - (150 minutos)	249.00	84	142
T6 - (180 minutos)	127.00	45	117

Método Winkler, Método dicromato por reflujó

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú

Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245

e-mail: [labespectro@uni.edu.pe](mailto:labespectro@uni.edu.pe)



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

## Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

SOLICITADO POR : Lázaro Córdova, Henry Michael

Procedencia de muestra: Panamericana Norte Km 24-Rio Chillón -Puente Piedra

Recepción de muestra : Lima, 30 de mayo del 2023

### Análisis de agua del Rio Chillón con Pb (II)

Granulometría (1.0 mm)	Temperatura (°C)	Potencial hidrogeno (acido/base)	Conductividad eléctrica (µS/cm)	Potencial Redox (mV)	Turbidez (NTU)
T1 - (1 - 30)	24.5	7.90	856	245.2	42.2
T2- (1 - 60)	24.5	7.58	838	241.8	41.1
T3 - (1 - 90)	24.5	7.60	821	230.6	23.2
T4 - (1 - 120)	24.5	7.54	785	227.3	15.4
T5 - (1 - 150)	24.5	7.47	756	220.5	10.3
T6 - (1 - 180)	24.5	7.44	723	218.6	5.1

Granulometría (0.6 mm)	Temperatura (°C)	Potencial hidrogeno (acido/base)	Conductividad eléctrica (µS/cm)	Potencial Redox (mV)	Turbidez (NTU)
T1 - (0.6 - 30)	24.2	7.39	836	238.1	20.6
T2- (0.6 - 60)	24.2	7.32	812	221.4	18.4
T3 - (0.6 - 90)	24.2	7.26	765	219.5	16.1
T4 - (0.6 - 120)	24.2	7.22	714	217.3	14.3
T5 - (0.6 - 150)	24.2	7.18	665	215.2	8.4
T6 - (0.6 - 180)	24.2	7.16	618	211.6	2.1

Granulometría (0.6 + 1 mm)	Temperatura (°C)	Potencial hidrogeno (acido/base)	Conductividad eléctrica (µS/cm)	Potencial Redox (mV)	Turbidez (NTU)
T1 - (0.6+1 - 30)	24.1	7.48	841	245.5	26.8
T2- (0.6+1 - 60)	24.1	7.44	824	240.4	18.8
T3 - (0.6+1 - 90)	24.1	7.42	798	239.1	15.2
T4 - (0.6+1 - 120)	24.1	7.39	745	238.5	10.5
T5 - (0.6 +1- 150)	24.1	7.36	719	236.4	8.4
T6 - (0.6 +1- 180)	24.1	7.25	689	225.3	4.6

Método potenciometría, Método espectrofotométrico

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301 -Perú

Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245

e-mail: [labespectro@uni.edu.pe](mailto:labespectro@uni.edu.pe)



## UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

### Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

Granulometría (1,0.6, 0.6+1 mm)	Sólidos Totales (1mm) (mg/l)	Sólidos Totales (0.6 m) (mg/l)	Sólidos Totales (0.6+1 mm) (mg/l)
T1 - (30 minutos)	438	291	365
T2- (60 minutos)	418	190	352
T3 - (90 minutos)	315	170	258
T4 - (120 minutos)	244	157	219
T5 - (150 minutos)	152	110	129
T6 - (180 minutos)	135	87	110

Granulometría (1,0.6, 0.6+1 mm)	Sólidos Disueltos (1mm) (mg/l)	Sólidos Disueltos (0.6 m) (mg/l)	Sólidos Disueltos (0.6+1 mm) (mg/l)
T1 - (30 minutos)	265	210	244
T2- (60 minutos)	225	180	209
T3 - (90 minutos)	210	167	187
T4 - (120 minutos)	187	98	145
T5 - (150 minutos)	145	93	124
T6 - (180 minutos)	121	61	90

Granulometría (1,0.6, 0.6+1 mm)	Sólidos suspendidos totales (1 mm) (mg/l)	Sólidos suspendidos totales (0.6 m) (mg/l)	Sólidos suspendidos totales (0.6+1 mm) (mg/l)
T1 - (30 minutos)	173	81	135
T2- (60 minutos)	193	50	133
T3 - (90 minutos)	105	43	51
T4 - (120 minutos)	57	37	47
T5 - (150 minutos)	27	17	23
T6 - (180 minutos)	14	3	10

Método Gravimétrico

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú  
Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245  
e-mail: [labespectro@uni.edu.pe](mailto:labespectro@uni.edu.pe)



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

## Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

Granulometría (1, 0.6 mm)	Plomo en adsorbato (mg/l)	Plomo en adsorbente de piña (1 mm) (mg/l)	Plomo en adsorbato (mg/l)	Plomo en adsorbente de piña (0.6 mm) (mg/l)
T1 - (30 minutos)	0.082	0.004	0.078	0.008
T2 - (60 minutos)	0.072	0.014	0.065	0.021
T3 - (90 minutos)	0.064	0.022	0.045	0.041
T4 - (120 minutos)	0.052	0.034	0.031	0.055
T5 - (150 minutos)	0.038	0.048	0.025	0.061
T6 - (180 minutos)	0.028	0.058	0.012	0.074

Granulometría (0.6+1 mm)	Plomo en adsorbato (mg/l)	Plomo en adsorbente de piña (0.6 + 1 mm) (mg/l)
T1 - (30 minutos)	0.080	0.006
T2 - (60 minutos)	0.075	0.011
T3 - (90 minutos)	0.060	0.026
T4 - (120 minutos)	0.048	0.038
T5 - (150 minutos)	0.037	0.049
T6 - (180 minutos)	0.021	0.065

Método EPA 3050 (absorción Atómica)

Lima, 09 de Junio del 2023

  
MSc. Atilio Mendoza  
Jefe Lab. Espectrometría

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú  
Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245  
e-mail: [labespectro@uni.edu.pe](mailto:labespectro@uni.edu.pe)

## Anexo N° 4 Instrumentos de recolección de datos

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Acosta Suasnabar Eusterio Horacio
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de Universidad César vallejo
- 1.3. Especialidad o línea de investigación:
- 1.4. Nombre de instrumento motivo de evaluación: Ficha 1:Toma de muestra del rio Chillón
- 1.5. Autor(a) de instrumento: Lázaro Córdova, Henry Michael

#### II. ASPECTOS DE VALIDACION:

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible									X				
2.OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.									X				
3. ACTUALIDA	Está adecuado a los objetivos y necesidades reales de la investigación.									X				
4. ORGANIZACIÓM	Existe una organización lógica.									X				
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.									X				
6.INTENSIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la hipótesis.									X				
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.									X				
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.									X				
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde a una metodología y diseño aplicado para lograr probar las hipótesis									X				
10. PERTINECIA	El instrumento la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico									X				

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple los requisitos para su aplicación.
- El instrumento no cumple los requisitos para su aplicación.

x



Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar  
CIP N° 25450

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

80%
-----

LIMA 22 DE NOVIEMBRE DE 2022

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Acosta Suasnabar Eusterio Horacio  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de Universidad César vallejo  
 1.1. Especialidad o línea de investigación: Tratamiento y gestión de residuos  
 1.2. Nombre de instrumento motivo de evaluación: Ficha 2: Obtención del biocarbón de cascara de piña, sus características físicas y químicas  
 1.3. Autor(a) de instrumento: Lázaro Córdova, Henry Michael

### II. ASPECTOS DE VALIDACION:

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible									X				
2.OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.									X				
3. ACTUALIDA	Esta adecuado a los objetivos y necesidades reales de la investigación.									X				
4. ORGANIZACIOM	Existe una organización lógica.									X				
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.									X				
6.INTENSIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.									X				
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.									X				
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos , hipótesis , variables e indicadores.									X				
9. METODOLOGIA	La estrategia responde a una metodología y diseño aplicado para lograr probar las hipótesis									X				
10. PERTINECIA	El instrumento la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico									X				

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple los requisitos para su aplicación.
- El instrumento no cumple los requisitos para su aplicación.

x



Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar  
CIP N° 25450

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

80%
-----

LIMA 22 DE NOVIEMBRE DE 2022

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

### I. DATOS GENERALES

- 1.3. Apellidos y Nombres: Acosta Suasnabar Eusterio Horacio  
 1.4. Cargo e institución donde labora: Docente de Universidad César vallejo  
 1.5. Especialidad o línea de investigación: Tratamiento y gestión de residuos  
 1.6. Nombre de instrumento motivo de evaluación: Ficha 3: Condiciones de operación del bioadsorbente de cáscara de piña  
 1.7. Autor(a) de instrumento: Lázaro Córdova, Henry Michael

### II. ASPECTOS DE VALIDACION:

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible									X				
2.OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.									X				
3. ACTUALIDA	Esta adecuado a los objetivos y necesidades reales de la investigación.									X				
4. ORGANIZACIÓM	Existe una organización lógica.									X				
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.									X				
6.INTENSIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.									X				
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.									X				
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos , hipótesis , variables e indicadores.									X				
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde a una metodología y diseño aplicado para lograr probar las hipótesis									X				
10. PERTINECIA	El instrumento la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico									X				

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple los requisitos para su aplicación.
- El instrumento no cumple los requisitos para su aplicación.

x



Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar  
CIP N° 25450

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

80%
-----

LIMA 22 DE NOVIEMBRE DE 2022

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

### I. DATOS GENERALES

- 1.8. Apellidos y Nombres: Acosta Suasnabar Eusterio Horacio  
 1.9. Cargo e institución donde labora: Docente de Universidad César vallejo  
 1.10. Especialidad o línea de investigación: Tratamiento y gestión de residuos  
 1.11. Nombre de instrumento motivo de evaluación: Ficha 4: Adsorción del bioadsorbente de cáscara de piña  
 1.12. Autor(a) de instrumento: Lázaro Córdova, Henry Michael

### II. ASPECTOS DE VALIDACION:

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible									X				
2.OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.									X				
3. ACTUALIDA	Esta adecuado a los objetivos y necesidades reales de la investigación.									X				
4. ORGANIZACIÓM	Existe una organización lógica.									X				
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.									X				
6.INTENSIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.									X				
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.									X				
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos , hipótesis , variables e indicadores.									X				
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde a una metodología y diseño aplicado para lograr probar las hipótesis									X				
10. PERTINECIA	El instrumento la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico									X				

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple los requisitos para su aplicación.
- El instrumento no cumple los requisitos para su aplicación.

x



Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar  
CIP N° 25450

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

80%
-----

LIMA 22 DE NOVIEMBRE DE 2022

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

### I. DATOS GENERALES

- 1.13. Apellidos y Nombres: Acosta Suasnabar Eusterio Horacio  
 1.14. Cargo e institución donde labora: Docente de Universidad César vallejo  
 1.15. Especialidad o línea de investigación: Tratamiento y gestión de residuos  
 1.16. Nombre de instrumento motivo de evaluación: Ficha **Ficha 5:** Parámetros operacionales del agua del río Chillón antes y después del tratamiento con bioadsorbente  
 1.17. Autor(a) de instrumento: Lázaro Córdova, Henry Michael

### II. ASPECTOS DE VALIDACION:

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible									X				
2.OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.									X				
3. ACTUALIDA	Esta adecuado a los objetivos y necesidades reales de la investigación.									X				
4. ORGANIZACIOM	Existe una organización lógica.									X				
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.									X				
6.INTENSIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.									X				
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.									X				
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos , hipótesis , variables e indicadores.									X				
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde a una metodología y diseño aplicado para lograr probar las hipótesis									X				
10. PERTINECIA	El instrumento la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico									X				

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple los requisitos para su aplicación.
- El instrumento no cumple los requisitos para su aplicación.

x
---

--



Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar  
CIP N° 25450

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

80%
-----

LIMA 22 DE NOVIEMBRE DE 2022

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

### I. DATOS GENERALES

- 1.6. Apellidos y Nombres: Ordoñez Gálvez Juan Julio  
 1.7. Cargo e institución donde labora: Docente de Universidad César vallejo  
 1.8. Especialidad o línea de investigación: Hidrología Ambiental  
 1.9. Nombre de instrumento motivo de evaluación: Ficha 1:Toma de muestra del rio Chillón  
 1.10. Autor(a) de instrumento: Lázaro Córdova, Henry Michael

### II. ASPECTOS DE VALIDACION:

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible											X		
2.OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDA	Está adecuado a los objetivos y necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓM	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.											X		
6.INTENSIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde a una metodología y diseño aplicado para lograr probar las hipótesis											X		
10. PERTINECIA	El instrumento la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico											X		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple los requisitos para su aplicación.
- El instrumento no cumple los requisitos para su aplicación.

x



### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%
-----

LIMA 22 DE NOVIEMBRE DE 2022

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

### I. DATOS GENERALES

- 1.18. Apellidos y Nombres: Ordoñez Gálvez Juan Julio  
 1.19. Cargo e institución donde labora: Docente de Universidad César vallejo  
 1.4. Especialidad o línea de investigación: Hidrología Ambiental  
 1.5. Nombre de instrumento motivo de evaluación: Ficha 2: Obtención del biocarbón de cascara de piña, sus características físicas y químicas  
 1.6. Autor(a) de instrumento: Lázaro Córdova, Henry Michael

### II. ASPECTOS DE VALIDACION:

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible											X		
2.OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDA	Esta adecuado a los objetivos y necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓM	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.											X		
6.INTENSIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos , hipótesis , variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde a una metodología y diseño aplicado para logar probar las hipótesis											X		
10. PERTINECIA	El instrumento la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico											X		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple los requisitos para su aplicación.
- El instrumento no cumple los requisitos para su aplicación.

x



### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%
-----

LIMA 22 DE NOVIEMBRE DE 2022

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

### I. DATOS GENERALES

- 1.20. Apellidos y Nombres: Ordoñez Gálvez Juan Julio  
 1.21. Cargo e institución donde labora: Docente de Universidad César vallejo  
 1.7. Especialidad o línea de investigación: Hidrología Ambiental  
 1.8. Nombre de instrumento motivo de evaluación: Ficha 3: Condiciones de operación del bioadsorbente de cáscara de piña  
 1.9. Autor(a) de instrumento: Lázaro Córdova, Henry Michael

### II. ASPECTOS DE VALIDACION:

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible											X		
2.OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDA	Esta adecuado a los objetivos y necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓM	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.											X		
6.INTENSIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos , hipótesis , variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde a una metodología y diseño aplicado para lograr probar las hipótesis											X		
10. PERTINECIA	El instrumento la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico											X		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple los requisitos para su aplicación.
- El instrumento no cumple los requisitos para su aplicación.

x



### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%
-----

LIMA 22 DE NOVIEMBRE DE 2022

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

### I. DATOS GENERALES

- 1.22. Apellidos y Nombres: Ordoñez Gálvez Juan Julio  
 1.23. Cargo e institución donde labora: Docente de Universidad César vallejo  
 1.10. Especialidad o línea de investigación: Hidrología Ambiental  
 1.11. Nombre de instrumento motivo de evaluación: Ficha 4: Adsorción del bioadsorbente de cáscara de piña  
 1.12. Autor(a) de instrumento: Lázaro Córdova, Henry Michael

### II. ASPECTOS DE VALIDACION:

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible											X		
2.OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDA	Esta adecuado a los objetivos y necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓM	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.											X		
6.INTENSIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos , hipótesis , variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde a una metodología y diseño aplicado para lograr probar las hipótesis											X		
10. PERTINECIA	El instrumento la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico											X		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple los requisitos para su aplicación.
- El instrumento no cumple los requisitos para su aplicación.

x



### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%
-----

LIMA 22 DE NOVIEMBRE DE 2022

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

### I. DATOS GENERALES

- 1.24. Apellidos y Nombres: Ordoñez Gálvez Juan Julio  
 1.25. Cargo e institución donde labora: Docente de Universidad César vallejo  
 1.13. Especialidad o línea de investigación: Hidrología Ambiental  
 1.14. Nombre de instrumento motivo de evaluación: Ficha **Ficha 5:** Parámetros operacionales del agua del rio Chillón antes y después del tratamiento con bioadsorbente  
 1.15. Autor(a) de instrumento: Lázaro Córdova, Henry Michael

### II. ASPECTOS DE VALIDACION:

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible											X		
2.OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDA	Esta adecuado a los objetivos y necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIOM	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.											X		
6.INTENSIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											x		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos , hipótesis , variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde a una metodología y diseño aplicado para lograr probar las hipótesis											x		
10. PERTINECIA	El instrumento la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico											x		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple los requisitos para su aplicación.
- El instrumento no cumple los requisitos para su aplicación.

x
---

--



### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%
-----

LIMA 22 DE NOVIEMBRE DE 2022

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

### I. DATOS GENERALES

- 1.11. Apellidos y Nombres: María Aliaga Martínez  
 1.12. Cargo e institución donde labora: Docente de Universidad César vallejo  
 1.13. Especialidad o línea de investigación: Ambiente y Desarrollo Sostenible  
 1.14. Nombre de instrumento motivo de evaluación: Ficha 1:Toma de muestra del rio Chillón  
 1.15. Autor(a) de instrumento: Lázaro Córdova, Henry Michael

### II. ASPECTOS DE VALIDACION:

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible										X			
2.OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDA	Está adecuado a los objetivos y necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIOM	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.										X			
6.INTENSIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGIA	La estrategia responde a una metodología y diseño aplicado para lograr probar las hipótesis										X			
10. PERTINECIA	El instrumento la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico										X			

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple los requisitos para su aplicación.
- El instrumento no cumple los requisitos para su aplicación.

x
---

--

85%
-----



### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

LIMA 22 DE NOVIEMBRE DE 2022

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

### I. DATOS GENERALES

- 1.26. Apellidos y Nombres: María Aliaga Martínez  
 1.27. Cargo e institución donde labora: Docente de Universidad César vallejo  
 1.16. Especialidad o línea de investigación: Ambiente y Desarrollo Sostenible  
 1.17. Nombre de instrumento motivo de evaluación: Ficha 2: Obtención del biocarbón de cascara de piña, sus características físicas y químicas  
 1.18. Autor(a) de instrumento: Lázaro Córdova, Henry Michael

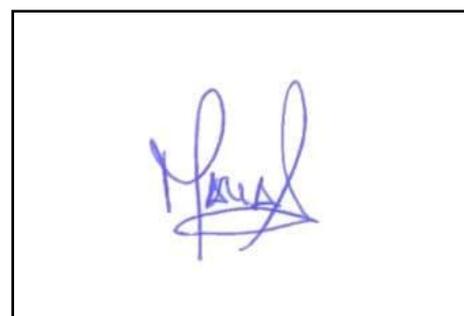
### II. ASPECTOS DE VALIDACION:

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible										X			
2.OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDA	Esta adecuado a los objetivos y necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIOM	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.										X			
6.INTENSIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos , hipótesis , variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGIA	La estrategia responde a una metodología y diseño aplicado para lograr probar las hipótesis										X			
10. PERTINECIA	El instrumento la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico										X			

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple los requisitos para su aplicación.
- El instrumento no cumple los requisitos para su aplicación.

x



### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

85%
-----

LIMA 22 DE NOVIEMBRE DE 2022

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

### I. DATOS GENERALES

- 1.28. Apellidos y Nombres: María Aliaga Martínez  
 1.29. Cargo e institución donde labora: Docente de Universidad César vallejo  
 1.19. Especialidad o línea de investigación: Ambiente y Desarrollo Sostenible  
 1.20. Nombre de instrumento motivo de evaluación: Ficha 3: Condiciones de operación del bioadsorbente de cáscara de piña  
 1.21. Autor(a) de instrumento: Lázaro Córdova, Henry Michael

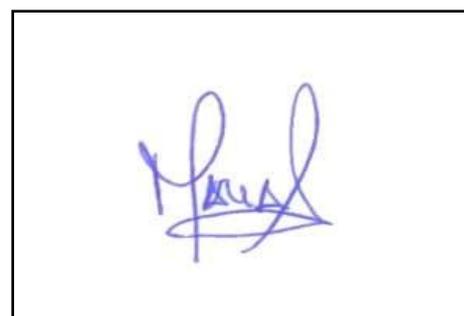
### II. ASPECTOS DE VALIDACION:

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible										X			
2.OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDA	Esta adecuado a los objetivos y necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓM	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.										X			
6.INTENSIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos , hipótesis , variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde a una metodología y diseño aplicado para lograr probar las hipótesis										X			
10. PERTINECIA	El instrumento la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico										X			

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple los requisitos para su aplicación.
- El instrumento no cumple los requisitos para su aplicación.

x



### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

85%
-----

LIMA 22 DE NOVIEMBRE DE 2022

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

### I. DATOS GENERALES

- 1.30. Apellidos y Nombres: María Aliaga Martínez  
 1.31. Cargo e institución donde labora: Docente de Universidad César vallejo  
 1.22. Especialidad o línea de investigación: Ambiente y Desarrollo Sostenible  
 1.23. Nombre de instrumento motivo de evaluación: Ficha 4: Adsorción del bioadsorbente de cáscara de piña  
 1.24. Autor(a) de instrumento: Lázaro Córdova, Henry Michael

### II. ASPECTOS DE VALIDACION:

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible										X			
2.OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDA	Esta adecuado a los objetivos y necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓM	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.										X			
6.INTENSIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos , hipótesis , variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde a una metodología y diseño aplicado para lograr probar las hipótesis										X			
10. PERTINECIA	El instrumento la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico										X			

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple los requisitos para su aplicación.
- El instrumento no cumple los requisitos para su aplicación.

x



### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

85%
-----

LIMA 22 DE NOVIEMBRE DE 2022

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

### I. DATOS GENERALES

- 1.32. Apellidos y Nombres: María Aliaga Martínez  
 1.33. Cargo e institución donde labora: Docente de Universidad César vallejo  
 1.25. Especialidad o línea de investigación: Ambiente y Desarrollo Sostenible  
 1.26. Nombre de instrumento motivo de evaluación: Ficha **Ficha 5:** Parámetros operacionales del agua del rio Chillón antes y después del tratamiento con bioadsorbente  
 1.27. Autor(a) de instrumento: Lázaro Córdova, Henry Michael

### II. ASPECTOS DE VALIDACION:

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible										X			
2.OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDA	Esta adecuado a los objetivos y necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIOM	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.										X			
6.INTENSIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos , hipótesis , variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde a una metodología y diseño aplicado para lograr probar las hipótesis										X			
10. PERTINECIA	El instrumento la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico										X			

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple los requisitos para su aplicación.
- El instrumento no cumple los requisitos para su aplicación.

x



### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

85%
-----



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

### Ficha 1: Toma de muestra del rio Chillón

<b>Título de la tesis</b>	Bioadsorbente con Cáscara de Piña para el Tratamiento de Aguas Contaminados por Plomo del río Chillón, Lima, 2023			
<b>Línea de investigación</b>	Calidad y gestión de los recursos naturales			
<b>Escuela</b>	Ingeniería Ambiental			
<b>Autor</b>	Lázaro Córdova, Henry Michael			
<b>Asesor</b>	Bañón Arias, Jonnatan Víctor			
<b>Fecha</b>			<b>Hora</b>	
<b>Muestras</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Parámetros iniciales</b>		<b>Peso de muestra</b>
		pH	Temperatura °C	
Muestra de agua				
Georreferenciación				
Protocolo de toma de muestra				
Caudal				
Concentración de plomo				

Especialista N°1

Nombre y apellido: Eusterio Acosta Suasnabar

Cip: 25450

Grado: Doctor

Firma:

Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar  
CIP N° 25450

Especialista N°2

Nombre y apellido: María Aliaga Martínez

Cip: 59443

Grado: Doctor

Firma:

Especialista N°3

Nombre y apellido: Ordoñez Gálvez Juan Julio

Cip: 89972

Grado: Doctor

Firma:

Atentamente,  
  
Juan Julio Ordoñez Gálvez  
DNI: 08447308



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**Ficha 2: Obtención del biocarbón de cascara de piña, sus características físicas y químicas**

<b>Título de la tesis</b>	Bioadsorbente con Cáscara de Piña para el Tratamiento de Aguas Contaminados por Plomo del río Chillón, Lima, 2023						
<b>Línea de investigación</b>	Calidad y gestión de los recursos naturales						
<b>Escuela</b>	Ingeniería Ambiental						
<b>Autor</b>	Lázaro Córdova, Henry Michael						
<b>Asesor</b>	Bañón Arias, Jonnatan Víctor						
<b>Fecha</b>					<b>Hora</b>		
Acondicionamiento de la cascara de piña	Secado al ambiente						
	Rendimiento %						
Biocarbón por pirólisis	Secado al horno	Temperatura			tiempo		
	Pirólisis	T °C	Tiempo	T °C	Tiempo 2	T °C	Tiempo 3
Características físicas del bioadsorbente JUNTAR	Humedad (%)						
	Materia Volátil (%)						
	Ceniza (%)						
Características químicas del bioadsorbente	Capacidad de intercambio catiónico						
	Potencial de hidrogeno						

Especialista N°1

Nombre y apellido: Eusterio Acosta Suasnabar

Cip: 25450

Grado: Doctor

Firma:

Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar  
CIP N° 25450

Especialista N°2

Nombre y apellido: María Aliaga Martínez

Cip: 59443

Grado: Doctor

Firma:

Especialista N°3

Nombre y apellido: Ordoñez Gálvez Juan Julio

Cip: 89972

Grado: Doctor

Firma:

Atentamente,  
  
Juan Julio Ordoñez Gálvez  
DNI: 08447308



<b>Título de la tesis</b>	Bioadsorbente con Cáscara de Piña para el Tratamiento de Aguas Contaminados por Plomo del río Chillón, Lima, 2023						
<b>Línea de investigación</b>	Calidad y gestión de los recursos naturales						
<b>Escuela</b>	Ingeniería Ambiental						
<b>Autor</b>	Lázaro Córdova, Henry Michael						
<b>Asesor</b>	Bañón Arias, Jonnatan Víctor						
<b>Fecha</b>					<b>Hora</b>		
Análisis granulométrico							
Determinación pH para la bioadsorción	pH 2	2gramo de 1mm	15 minutos	<b>Concentración de plomo final</b>			
	pH 4	2gramo de 1mm	15 minutos				
	pH 5	2gramo de 1mm	15 minutos				
	pH 6	2gramo de 1mm	15 minutos				
	pH 7	2gramo de 1mm	15 minutos				
	pH 8	2gramo de 1mm	15 minutos				
	pH 9	2gramo de 1mm	15 minutos				
	pH 10	2gramo de 1mm	15 minutos				
Dosis del tratamiento para el agua del río Chillón	Columna 1 250 gramos de biocarbón Partícula 1 mm	30 minutos	60 minutos	90 minutos	120 minutos	150 minutos	180 minutos
	Columna 2 250 gramos de biocarbón Partícula 2 mm	30 minutos	60 minutos	90 minutos	120 minutos	150 minutos	180 minutos
	Columna 3 250 gramos de biocarbón Partícula 1 y 2 mm	30 minutos	60 minutos	90 minutos	120 minutos	150 minutos	180 minutos

Especialista N°1

Nombre y apellido: Eusterio Acosta  
Suasnabar

Cip: 25450

Grado: Doctor

Firma:

Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar  
CIP N° 25450

Especialista N°2

Nombre y apellido: María Aliaga Martínez

Cip: 59443

Grado: Doctor

Firma:

Especialista N°3

Nombre y apellido: Ordoñez Gálvez Juan Julio

Cip: 89972

Grado: Doctor

Firma:

Atentamente,  
  
Juan Julio Ordoñez Gálvez  
DNI: 08447308



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**Ficha 4: Adsorción del bioadsorbente de cáscara de piña**

<b>Título de la tesis</b>	Bioadsorbente con Cáscara de Piña para el Tratamiento de Aguas Contaminados por Plomo del río Chillón, Lima, 2023		
<b>Línea de investigación</b>	Calidad y gestión de los recursos naturales		
<b>Escuela</b>	Ingeniería Ambiental		
<b>Autor</b>	Lázaro Córdova, Henry Michael		
<b>Asesor</b>	Bañón Arias, Jonnatan Víctor		
<b>Fecha</b>		<b>Hora</b>	
<b>Parámetros</b>	<b>Resultados</b>		<b>Unidades</b>
Cinética de la bioadsorción			mg/g
Concentración de equilibrio			mg/l
Isoterma de Langmuir			mg/g
Dosis del tratamiento			g
Prueba de espectrofotometría UV/VIS			nm

Especialista N°1

Nombre y apellido: Eusterio Acosta Suasnabar

Cip: 25450

Grado: Doctor

Firma:

Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar  
CIP N° 25450

Especialista N°2

Nombre y apellido: María Aliaga Martínez

Cip: 59443

Grado: Doctor

Firma:

Especialista N°3

Nombre y apellido: Ordoñez Gálvez Juan Julio

Cip: 89972

Grado: Doctor

Firma:

Atentamente,  
  
Juan Julio Ordoñez Gálvez  
DNI: 08447308

<b>Título de la tesis</b>	Bioadsorbente con Cáscara de Piña para el Tratamiento de Aguas Contaminados por Plomo del río Chillón, Lima, 2023		
<b>Línea de investigación</b>	Calidad y gestión de los recursos naturales		
<b>Escuela</b>	Ingeniería Ambiental		
<b>Autor</b>	Lázaro Córdova, Henry Michael		
<b>Asesor</b>	Bañón Arias, Jonnatan Víctor		
<b>Fecha</b>		<b>Hora</b>	
Características físicas, químicas, gravimétricas, y biológicas del agua del río Chillón.		Antes del tratamiento	Después del tratamiento
	Temperatura		
	Potencial de hidrogeno		
	Conductividad eléctrica		
	Potencial redox		
	Turbidez		
	Oxígeno disuelto		
	Demanda química de oxigeno		
	Demanda bioquímica de oxigeno		
	Sólidos disueltos totales		
	Sólidos Disueltos		
	Sólidos suspendidos totales		
	Concentración de plomo en el agua		
Concentración de plomo en el Bioadsorbente	-----		

**Especialista N°1**

Nombre y apellido: Eusterio Acosta Suasnabar

Cip: 25450

Grado: Doctor

Firma:



Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar  
CIP N° 25450

**Especialista N°2**

Nombre y apellido: María Aliaga Martínez

Cip: 59443

Grado: Doctor

Firma:

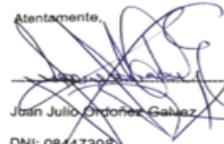

**Especialista N°3**

Nombre y apellido: Ordoñez Gálvez Juan Julio

Cip: 89972

Grado: Doctor

Firma:



Atentamente,  
Juan Julio Ordoñez Gálvez  
DNI: 08447308



**INFORME DE ENSAYO N° 0664 – 23 – LABICER**

- 1. DATOS DEL CLIENTE**
  - 1.1 NOMBRE / RAZÓN SOCIAL : HENRY MICHAEL LAZARO CORDOVA
  - 1.2 D.N.I / R.U.C. : 40860171
  - 1.3 DIRECCIÓN : --
- 2. CRONOGRAMA DE FECHAS**
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA: 06 / 06 / 2023
  - 2.2 FECHA DE EJECUCIÓN DEL ENSAYO : 07 / 06 / 2023
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME : 07 / 06 / 2023
- 3. ANÁLISIS SOLICITADO** : ANÁLISIS DE PLOMO EN AGUA
- 4. DATOS DE LA MUESTRA**
  - 4.1. TIPO DE MUESTRA : AGUA
  - 4.2. IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE AGUA DE RÍO
  - 4.3. DESCRIPCIÓN : --
  - 4.4. OBSERVACIONES (SI APLICA) : --
- 5. LUGAR DE RECEPCIÓN Y ANÁLISIS** : LABORATORIO LABICER-UNI
- 6. CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura: 24.5 °C; Humedad relativa: 66%
- 7. RESULTADOS**

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	MÉTODO DE REFERENCIA <sup>(1)</sup>
Plomo, Pb	0.086	mg/L	NTP 214.043:2012

<sup>(1)</sup>Método de ensayo de referencia o técnica aceptada por el cliente.

- 8. VALIDEZ DEL INFORME DE ENSAYO**  
Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayadas, descrita(s) en el ítem 4 del presente documento.

  
Bach. Jesús Utano Reyes  
Analista  
LABICER – UNI

  
  
M.Sc. Ily Marilú Maza Mejía  
Jefe de Laboratorio  
CQP 1149

**NOTAS:**

1. LABICER-UNI no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.
2. LABICER-UNI no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, incluidos en los ítems 1 y del 4.1 al 4.3 del presente documento.
3. Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
4. Este documento carece de validez sin sellos y firmas correspondientes.

ANEXO N°6 Imágenes del desarrollo de la investigación



Toma de muestra y medida del caudal del río Chillón



Recolección de la cáscara de piña y secado al ambiente



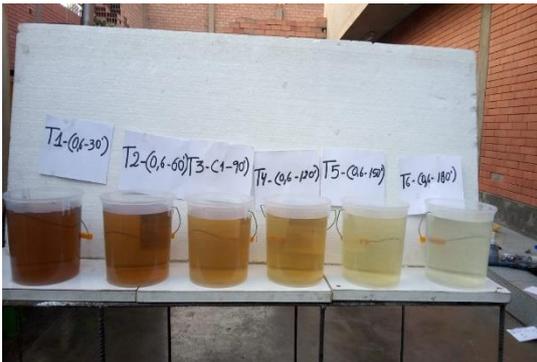
Análisis de parámetros en el laboratorio



Obtención del bioadsorbente por pirólisis



Elaboración del prototipo para el tratamiento



Resultados obtenidos después del tratamiento