



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA**

### **ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

“Bioadsorción de plomo y cadmio mediante el uso de carbón activado  
proveniente de cascarilla de arroz en aguas de la Laguna Huascacocha,  
Yauli, Junín 2018”

### **TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE: INGENIERO AMBIENTAL**

**AUTOR:**

Guevara López, Armando

**ASESOR:**

Dr. Chávez Leandro, Abner

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de los recursos naturales

Lima - Perú

2018

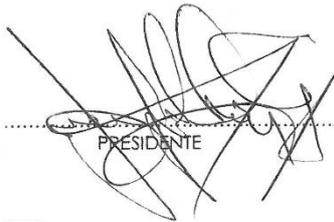
## Página del Jurado

 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	<b>ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS</b>	Código : F07-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
--	---------------------------------------	---

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don  
 (a) GUEVARA LOPEZ ARMANDO  
 cuyo título es: BIODSORCIÓN DE PLOMO Y CADMIO MEDIANTE EL  
USO DE CARBÓN ACTIVADO PROVENIENTE DE CASCARILLA DE AITROZ  
EN AGUA DE LA LAGUNA HUASCACCHA, YAULI JUNIN 2018

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por  
 el estudiante, otorgándole el calificativo de: 16.....(número)  
Dieciséis.....(letras).

Los Olivos .....10.....de JULIO del 2018

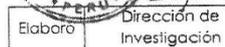
  
 .....  
 PRESIDENTE

  
 .....  
 SECRETARIO



  
 .....  
 VOCAL



  
 .....  
 Dirección de  
 Investigación

Revisó

  
 .....  
 Responsable del SGC



  
 .....  
 Vicerrector de  
 Investigación

### **Dedicatoria**

El presente trabajo se lo dedico a mis padres y a mi hermano por su apoyo constante e incondicional y ser parte de este logro.

## **Agradecimiento**

En primer lugar, quiero agradecerle a Dios por la fortaleza que siempre me da para emprender nuevos retos y la bendición de aprender de ellos en el camino. Por haberme permitido culminar esta investigación, y aportar algún conocimiento con ello.

A mis padres y mi hermano por el apoyo en todo momento.

Al Dr. Abner Chávez Leandro por los conocimientos brindados y por ser guía en el desarrollo de mi trabajo de investigación.

## **Declaratoria de autenticidad**

### **DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD**

Yo Armando Guevara López, con DNI N° 71458177, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

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 de la Universidad César Vallejo.

Lima, 10 de Julio del 2018



---

**Armando Guevara López**

**DNI: 71458177**

## Presentación

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada **“Bioadsorción de plomo y cadmio mediante el uso de carbón activado proveniente de la cascarilla de arroz en aguas de la Laguna Huascacocha, Yauli, Junín 2018”**, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Ambiental.

El Autor.

# Índice

Página de Jurado .....	ii
Dedicatoria .....	iii
Agradecimiento.....	iv
Declaratoria de autenticidad .....	v
Presentación.....	vi
Índice .....	vii
Índices de figuras.....	ix
Índice de Tablas.....	xi
Resumen.....	xii
Abstract.....	xiii
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>14</b>
<b>1.1. Realidad problemática .....</b>	<b>15</b>
<b>1.2. Trabajos previos .....</b>	<b>16</b>
<b>1.2.1. Trabajos previos internacionales. ....</b>	<b>16</b>
<b>1.2.2. Trabajos previos nacionales. ....</b>	<b>18</b>
<b>1.3. Teorías relacionadas al tema. ....</b>	<b>19</b>
<b>1.3.1. Plomo.....</b>	<b>19</b>
<b>1.3.2. Cadmio .....</b>	<b>20</b>
<b>1.3.3. Bioadsorción .....</b>	<b>20</b>
<b>1.3.4. Proceso de adsorción .....</b>	<b>21</b>
<b>1.3.5. Adsorción física.....</b>	<b>22</b>
<b>1.3.6. Adsorción química.....</b>	<b>22</b>
<b>1.3.7. Carbón activado.....</b>	<b>22</b>
<b>1.3.8. Activación química .....</b>	<b>23</b>
<b>1.3.9. Activación con ácido fosfórico.....</b>	<b>24</b>
<b>1.3.10. Capacidad de adsorción.....</b>	<b>25</b>
<b>1.3.12. Modelo primer orden reversible .....</b>	<b>26</b>
<b>1.3.13. Modelo cinético de pseudo segundo orden.....</b>	<b>26</b>
<b>1.4. Formulación del problema.....</b>	<b>27</b>
<b>1.4.1. Problema general .....</b>	<b>27</b>
<b>1.4.2. Problemas específicos.....</b>	<b>27</b>
<b>1.5. Justificación .....</b>	<b>27</b>
<b>1.6. Hipótesis.....</b>	<b>28</b>
<b>1.6.1. Hipótesis General .....</b>	<b>28</b>
<b>1.6.2. Hipótesis Específicas.....</b>	<b>28</b>
<b>1.7. Objetivos.....</b>	<b>28</b>
<b>1.7.1. Objetivos generales.....</b>	<b>28</b>
<b>1.7.2. Objetivos específicos.....</b>	<b>29</b>

<b>II. Métodos</b> .....	30
<b>2.1. Diseño de investigación</b> .....	30
<b>2.2. Operacionalización de Variables</b> .....	30
<b>2.2.1. Variables, operacionalización</b> .....	31
<b>2.3. Población y muestra</b> .....	32
<b>2.3.1. Población</b> .....	32
<b>2.3.2. Muestra</b> .....	32
<b>2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de recolección de datos, validez y confiabilidad</b> .....	32
<b>2.4.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos</b> .....	32
<b>2.4.2. Validez y confiabilidad de datos</b> .....	37
<b>2.5. Método de análisis de datos</b> .....	37
<b>2.6. Aspectos éticos</b> .....	37
<b>III. Resultados</b> .....	38
<b>3.1. Estudio cinético para plomo</b> .....	38
<b>3.1.1. Modelo primer orden para plomo</b> .....	41
<b>3.1.2. Modelo pseudo segundo orden para plomo</b> .....	42
<b>3.2. Estudio de cinética para cadmio</b> .....	44
<b>3.2.1. Modelo primer orden para cadmio</b> .....	47
<b>3.2.2. Modelo cinético pseudo segundo orden para cadmio</b> .....	49
<b>3.3. Análisis estadístico</b> .....	51
<b>3.3.1. Influencia de la dosificación sobre la bioadsorción de plomo</b> .....	51
<b>3.3.2. Influencia del tiempo de contacto sobre la concentración de plomo</b> .....	53
<b>3.3.3. Influencia de la dosificación sobre la concentración de cadmio</b> .....	55
<b>3.3.4. Influencia del tiempo de contacto sobre la concentración de cadmio</b> .....	57
<b>IV. Discusión</b> .....	59
<b>V. Conclusiones</b> .....	61
<b>VI. Recomendaciones</b> .....	62
<b>VII. Referencias bibliográficas</b> .....	63
<b>Anexos</b> .....	67
<b>Anexo N° 1: Recolección de datos de para plomo con dosis 0.5 gr de CA</b> .....	67
<b>Anexo N° 2: Recolección de datos de para plomo con dosis 1 gr de CA</b> .....	68
<b>Anexo N° 3: Recolección de datos de para plomo con dosis 3 gr de CA</b> .....	69
<b>Anexo N° 4: Recolección de datos de para cadmio con dosis 0.5 gr de CA</b> .....	70
<b>Anexo N° 5: Recolección de datos de para cadmio con dosis 1 gr de CA</b> .....	71
<b>Anexo N° 6: Recolección de datos de para cadmio con dosis 3 gr de CA</b> .....	72

## Índices de figuras

	Pág.
Figura 1: Tipos de poros en un carbón activado	23
Figura 2: Laguna Huascacocha, Yauli, Junín	32
Figura 3: Extracción y preservación de la muestras de la laguna Huascacocha	34
Figura 4: Obtención de carbón activado mediante activación química con $H_3PO_4$	35
Figura 5: Aplicación de diferentes dosis de CA para la bioadsorción de plomo y cadmio	36
Figura 6: Curvas de cinética de bioadsorción del Pb a diferentes dosis de CA	39
Figura 7: Porcentaje de remoción de Pb a diferentes dosis de CA	39
Figura 8: Curva de decaimiento de Pb a diferentes dosis de CA	40
Figura 9: Modelo cinético de pseudo primer orden para la bioadsorción de Pb en 0.5 gr de CA.	41
Figura 10: Modelo cinético de pseudo primer orden para la bioadsorción de Pb en 1 gr de CA	41
Figura 11: Modelo cinético de pseudo primer orden para la bioadsorción de Pb en 3 gr de CA.	42
Figura 12: Modelo cinético de pseudo segundo orden para la bioadsorción de Pb en 0.5 gr de CA.	43
Figura 13: Modelo cinético de pseudo segundo orden para la bioadsorción de Pb en 1 gr de CA.	43
Figura 14: Modelo cinético de pseudo segundo orden para la bioadsorción de Pb en 3 gr de CA.	44
Figura 15: Curvas de cinética de bioadsorción del Cd a diferentes dosis de CA	45

Figura 16: Porcentaje de remoción de Cd a diferentes dosis de CA	46
Figura 17: Curva de decaimiento de Cd a diferentes dosis de CA	47
Figura 18: Modelo cinético de pseudo primer orden para la bioadsorción de Cd en 0.5 gr de CA.	48
Figura 19: Modelo cinético de pseudo primer orden para la bioadsorción de Cd en 1 gr de CA.	48
Figura 20: Modelo cinético de pseudo primer orden para la bioadsorción de Cd en 3 gr de CA.	49
Figura 21: Modelo cinético de pseudo segundo orden para la bioadsorción de Cd en 0.5 gr de CA.	50
Figura 22: Modelo cinético de pseudo segundo orden para la bioadsorción de Cd en 1 gr de CA.	50
Figura 23: Modelo cinético de pseudo segundo orden para la bioadsorción de Cd en 3 gr de CA.	51
Figura 24: Prueba de comparaciones de la dosis sobre la bioadsorción de Pb.	53
Figura 25: Prueba de comparaciones del tiempo de contacto sobre la bioadsorción de Pb.	54
Figura 26: Prueba de comparaciones de la dosis sobre la bioadsorción de Cd	56
Figura 27: Prueba de comparaciones del tiempo de contacto sobre la concentración de Cd	58

## Índice de Tablas

	Pág.
Tabla N° 1: Variables, operacionalización	31
Tabla N° 2: Técnicas e instrumentos de recolección de datos	33
Tabla N° 3: Estándares de Calidad Ambiental para Agua Categoría 3: Agua para riego de vegetales y bebida de animales	34
Tabla N° 4: Resultados experimentales para Pb con aplicación de 0.5 gr de CA	38
Tabla N° 5: Resultados experimentales para Pb con aplicación de 1 gr de CA	38
Tabla N° 6: Resultados experimentales para Pb con aplicación de 3 gr de CA	38
Tabla N° 7: Parámetros cinéticos para el plomo según el modelo primer orden	41
Tabla N° 8: Parámetros cinéticos para el plomo según el modelo pseudo segundo orden.	42
Tabla N° 9: Resultados experimentales para Cd con aplicación de 0.5 gr de CA	44
Tabla N° 10: Resultados experimentales para Cd con aplicación de 1 gr de CA	45
Tabla N° 11: Resultados experimentales para Cd con aplicación de 3 gr de CA	45
Tabla N° 12: Parámetros cinéticos para el cadmio según el modelo primer orden.	47
Tabla N° 13: Parámetros cinéticos para el cadmio según el modelo pseudo segundo orden.	49
Tabla N° 14: Prueba de análisis de varianza de la dosis de CA proveniente de la cascarilla de arroz en la bioadsorción plomo.	52
Tabla N° 15: Resultados inferenciales en función a la dosis de CA	52
Tabla N° 16: Prueba de análisis de varianza del tiempo de contacto en la bioadsorción de plomo.	53
Tabla N° 17: Resultados inferenciales en función al tiempo de contacto en la bioadsorción de plomo.	54
Tabla N° 18: Prueba de análisis de varianza de la dosis de CA proveniente de la cascarilla de arroz en la bioadsorción de cadmio.	55
Tabla N° 19: Prueba de análisis de varianza del tiempo de contacto en la bioadsorción de cadmio	56
Tabla N° 20: Prueba de análisis de varianza del tiempo de contacto en la bioadsorción de cadmio.	57
Tabla N° 21: Resultados inferenciales en función al tiempo de contacto en la bioadsorción de cadmio.	58

## Resumen

El presente trabajo de investigación tiene como finalidad evaluar la eficiencia del carbón activado para la remoción de plomo y cadmio aguas de la laguna Huascacocha, con la finalidad de conocer la dosis optima y la influencia del tiempo en la bioadsorción de estos metales para la remediación de la laguna Huascacocha, donde, primero se realizó la obtención del carbón activado, el cual se obtuvo a través de la activación química, utilizando ácido fosfórico ( $H_3PO_4$ ) como agente activante en una relación de  $1.2 \text{ g}_{H_3PO_4} / \text{g}_{\text{precursor}}$ , y la activación térmica a una temperatura de  $450^\circ\text{C}$ . Posterior a ello realizo la metodología de ensayos de pruebas de jarras con la aplicación de las dosis (0.5 gr, 1 gr y 3 gr). Obteniéndose resultados que el carbón activado tiene mayor eficiencia en la bioadsorción de plomo y cadmio con la dosis de 3 gr, en donde la mayor capacidad de adsorción del Pb fue de 96.04% y para cadmio fue 95.89%, determinándose que el valor de capacidad de adsorción máxima para Pb de 0.030 mg/g y para el ion Cd de 0.026 mg/g, además dicho procedo se correlaciona a una cinética de pseudo segundo orden. Lo que nos indica que la bioadsorción se realizó mediante la adsorción química para ambos metales.

Palabras clave: metales pesados, bioadsorción, carbón activado.

## Abstract

The present research work is of the application type, whose general objective is to evaluate the efficiency in the lead and cadmium bioadsorption using activated carbon from the rice husk in waters Huascacocha lagoon in order to know the optimal dose and influence of the time in the bioadsorption of these metals for the recovery of the Huascacocha lagoon where first the obtaining of activated carbon was made, which was obtained by chemical activation using phosphoric acid ( $H_3PO_4$ ) as an impregnating agent in a ratio of 1.2 g  $H_3PO_4$ /g precursor, and thermal activation at a temperature of 450 °C. After that, I carry out the methodology for testing jar tests with the application of the doses (0.5 gr, 1 g and 3 g). Obtaining results that activated carbon has greater efficiency in the bioadsorption of lead and cadmium with the dose of 3 g, where the maximum adsorption capacity of Pb was 96.04% and for cadmium, it was 95.89%. The maximum adsorption capacity value for Pb of 0.030 mg/g and for the Cd ion of 0.026 mg/g was determined. It was determined that the adsorption process correlates to a pseudo second order kinetics. Which indicates that bioadsorption was carried out by chemical adsorption for both metals.

Keywords: heavy metals, bioadsorption, activated carbon, biomass

## I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial la contaminación de metales pesados en los cuerpos de agua viene siendo un problema ambiental muy grave, debido a que dichos metales tienden acumularse en el medio ambiente y perjudicando a la salud de los seres humanos. (ANGELES, 2009. p. 17). Las principales fuentes de contaminación vienen siendo la industria automotriz, electrodoméstica, aeronáutica y minería. esta última ha causado el mayor impacto en el medio ambiente debido a que las aguas de desechos mineros cuentan con altas cargas de contaminantes metálicos que en su mayoría forman compuestos que son solubles, solo quedando una fracción de estos como compuestos insolubles los cuales son inmóviles (CORDOVA, 2016, p. 15).

Según el MINAM (2014), indica que la laguna Huascacocha viene siendo contaminada por las empresas mineras asentadas en el sistema de lagunas del río Pucará, de la misma manera se encuentran pasivos mineros de la laguna Huascacocha, convirtiéndose en un fuente histórica de contaminación que requiere se monitoreada. (p. 64)

Actualmente en el tratamiento de efluentes con metales pesados se viene utilizando tecnologías como la precipitación, reducción, oxidación, filtración intercambio iónico, tecnologías de membrana y tratamiento electroquímico, resultan ser costosos e ineficaces además estas generan residuos que deben ser dispuestos de forma correcta para no generar focos de contaminación (MARTIN, 2008, p. 27),

Ante esto se viene averiguando alternativas ambientales en los distintos procesos de las industrias, en el aprovechamiento de los residuos generados para una mejor disposición o reutilización de los mismos, y para la remediación de los daños ocasionados en el medio ambiente, empleando materiales ecológicos capaces de remediar las fuentes de agua contaminadas por plomo y cadmio, ambos metales son altamente tóxicos y perjudiciales para la salud. (ANGELES, 2009, p. 15).

En donde la bioadsorción se ha presentado como la solución para el tratamiento de metales pesados en efluentes, ya que se presenta como una tecnología limpia

para la eliminación de metales pesados y siendo de bajo costo, en dicho proceso se requiere el uso de una biomasa (absorbente) (SANCHEZ, 2016, p. 15). Entre la tecnología limpias para este tipo de tratamiento destacan el carbón activado, ya que es un material altamente poroso y a su gran área superficial, además de su química superficial y de su estructura microporosa altamente desarrollada, dichas propiedades le otorgan una buena capacidad de adsorción para remover diversos contaminantes de agua (PAREDES, 2011, p. 9).

En este trabajo de investigación se utilizara la cascarilla de arroz para preparar carbón activado por método químico y aprovechar su uso en la bioadsorción de plomo y cadmio presentes en agua de la laguna Huascacocha, Yauli, Junín 2018.

### **1.1. Realidad problemática**

Durante años se ha venido ocasionando daños a los cuerpos de agua por la contaminación de metales pesados, siendo hoy en día un problema a nivel mundial, ya que por la peligrosidad que estos elementos presentan no pueden ser degradados de manera química o biológica lo que da lugar a que se magnifiquen con el tiempo.

En el Perú, la constante y creciente actividad minera no solo ha generado un importante beneficio de divisas y desarrollo tecnológico, sino también a ocasionado la contaminación del agua por metales pesados que hoy en día es uno de los problemas socio ambientales, ya que estas industrias vierten sus efluentes a los cuerpos de agua, siendo los afectados los pueblos de la zona, ya que utilizan el agua para muchas actividades diarias como para su consumo, para dar bebida de sus animales y para la agricultura.

La laguna Huascacocha se encuentra ubicada en la provincia de Yauli, departamento de Junín a una altura de 4476 msnm, dicha laguna ha sido establecida por el ANA (2018), como laguna de categoría 3 agua de riego vegetal y bebidas de animales (p. 32), siendo la industria minera la principal fuente de contaminación, ya que dichas mineras vierten efluentes a la laguna ocasionando graves daños al ambiente y a la salud de los pobladores.

Según el MINAM (2014). Las empresas mineras asentadas en el sistema de lagunas del río Pucará son CIA Volcán S.A.A.; Minera Argentum y Minera

Chinalco Perú. así como los pasivos mineros de la laguna Huascacocha son la principal causa de contaminación de la laguna, esto debido a que las mineras vierten sus aguas a través de una tubería de vertimiento directo de aguas de mina y de proceso de concentración, hacia centro de la laguna Huascacocha. Complementariamente, los depósitos de pasivos ambientales en esta última, se convierten en una fuente histórica de contaminación que requiere ser más monitoreada (p. 64).

Además RUPAY y GUERREROS (2014), indica que las aguas de laguna Huascacocha se encuentran contaminadas sobrepasando los ECA – agua en plomo y cadmio encontrándose valores de 2.46 mg/ L y 0.75 mg/ L respectivamente, con un pH de 6.6. (p. 53).

OEFA (2014) mediante Resolución Directora N° 003-2014-OEFA/DS ordeno la paralización de manera inmediata de sus procesos a la minera Chinalco Perú y a aquellas que vierten la descarga de sus efluentes hacia la laguna Huascacocha hasta que reviertan dicha situación y presenten ante la OEFA los estudios técnicos que acrediten tal efecto.

Una opción para la remediación de la laguna Huascacocha es la bioadsorción de plomo y cadmio contenido en esta laguna, en el Perú la cascarilla de arroz es un subproducto agroindustrial procesado del arroz, que por su abundancia puede ser usado como materia prima (precursor) para la elaboración de carbón activado, Según PAREDES (2011) manifiesta que el carbón activado tiene buena capacidad de adsorción para remover diversos contaminantes de agua y corriente gaseosa (p. 9)

En el trabajo de investigación se evaluar la eficiencia en la bioadsorción de plomo y cadmio presentes en aguas de la laguna Huascacocha mediante el uso de carbón activado proveniente de la cascarilla de arroz.

## **1.2. Trabajos previos**

### **1.2.1. Trabajos previos internacionales.**

RODRÍGUEZ, SALINAS, RÍOS Y VARGAS (2012), en su publicación “Absorbentes a base de cascarilla de arroz en la retención de cromo de efluentes

de la industria de curtiembres”. En donde se evaluó a la cascarilla de arroz como ceniza y carbón activado con agentes activantes (NaOH y H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>). En donde se realizó la calcinación de la materia prima (cascarilla de arroz) para luego realizar su activación química, también la caracterización del carbón activado y la realización de las pruebas de adsorción por absorción atómica, siendo el más eficiente el adsorbente activado con NaOH.

BUSTAMANTE (2011), en su tesis “Adsorción de metales pesados en residuos de café modificada químicamente”, en donde evaluó la capacidad para absorber plomo y cobre presentes en muestras de agua, mediante el uso de café modificado de manera química. Obteniendo como resultado una máxima capacidad de absorción de plomo en un pH 4 fue de 158.7 mg/g y de cobre a un pH 5 fue de 97.1 mg/g. Al realizarse la cinética de absorción para plomo y cobre se terminó que se requiere 8 y 10 horas respectivamente para que alcancen el equilibrio de absorción.

SÁNCHEZ (2016) en su tesis “Biosorción en tanque agitado de cadmio y plomo con cascara de cacao”, el cual tiene como objetivo evaluar el proceso de biosorción de cadmio y plomo en efluentes mineros a través de la cascara de cacao, Obteniéndose como resultado, la mayor remoción de iones de plomo fue de 86.92% y cadmio fue de 96.74% a un tiempo de contacto de 10 minutos a un pH 4.5 para el plomo y un pH 5.5 para el cadmio, el estudio de cinética de absorción de plomo y cadmio en cáscara de cacao, reproducen el modelo cinético Pseudo Segundo Orden, con coeficientes de correlación para plomo de 0,999 y cadmio de 1.

LARA, TEJADA, VILLABONA Y ARRIETA (2016), en su publicación “Adsorción de plomo y cadmio en sistema continuo de lecho fijo sobre residuos de cacao” en donde se utilizó como material adsorbente la cascara de cacao en aguas residuales, para la remoción de plomo y cadmio, dicho tratamiento se empleó en un sistema continuo, en donde las pruebas presentaron una eficiencia mayor en la remoción de plomo con un 91.32%, y para el cadmio 87.80%, ambos a un tiempo de 4:30 horas

VERDUGO (2017), en su tesis “Bioadsorción de iones de plomo y cromo procedentes de aguas residuales utilizando la cáscara de la mandarina, cuyo

propósito es determinar la eficiencia en la bioadsorción de plomo y cromo usando cascara de mandarina, dando como resultado la mayor eficiencia en la remoción de plomo y cromo es de 71.9% y 54.4% respectivamente a un pH de 4 para ambos metales.

HERNANDEZ Y TRIVIÑO (2016), en su tesis “Evaluación de la capacidad de bioadsorción de plomo (II) y cadmio (II) presentes en soluciones sintéticas independientes empleando retamo espinoso (*Ulex europaeus*) como adsorbente, tiene como objetivo determinar la capacidad de bioadsorción de plomo y cadmio, obteniéndose como resultado para el plomo una adsorción máxima de 16.75 mg/g a un pH 4, y para el cadmio una adsorción máxima de 11.4 mg/g a un pH de 6, siendo los mayores porcentajes de remoción de 84.55% y 82.20% para plomo y cadmio respectivamente.

MANJAREZ (2007) en su tesis “Síntesis de carbón activado a partir de bagazo de agave *Tequilana Weber Var. Azul* y su caracterización superficial y funcional” el cual tiene como objetivo la producción de carbón, donde la materia prima fue el bagazo de agave tequila Weber var. Azul y el agente activante el ácido fosfórico. El adsorbente fue preparado mediante la activación con ácido fosfórico concentrado en atmósfera de N<sub>2</sub> a varias temperaturas de impregnación de ácido/precursor y tiempos de impregnación (1, 2, 4, 16 y 46 horas). Las propiedades texturales del carbón sintetizado fueron analizadas por las isothermas de adsorción de N<sub>2</sub> a 77 °K, yodo y azul de metileno. La superficie química del material fue determinada por titulación Boehm, análisis de infrarrojo con transformada de Fourier y análisis elemental. Teniéndose como resultado 450 °C para la temperatura de carbonización / activación, 1 hora de tiempo de impregnación y 1.2:1 ácido fosfórico: bagazo. Bajo estas condiciones la superficie de área BET es de 1554 m<sup>2</sup>/g, con una amplia distribución de poros en el rango de microporos y mesoporos.

### **1.2.2. Trabajos previos nacionales.**

RAMÍREZ (2016), en su tesis “Bioadsorción de cobre, cadmio y manganeso con cáscara de naranja de las aguas de la laguna Colquicocha”, demostró que la utilización de cascara de naranja para la reducción de cobre y cadmio en la laguna Colquicocha es eficiente ya que se logró la remoción de cobre hasta

0.02mg/L (67.67%), para cadmio hasta 0.041 mg/L (84%) y magnesio hasta 3.68 mg/L (53.79%), con respecto a la concentración inicial de cada metal.

ZAMORA (2010), en su tesis “Obtención de carbón activado a partir de semillas, de dos palmeras de la Amazonia Peruana, Shapaja y Aguaje”, el cual tiene como objetivo la evaluar las características del carbón activado, la elaboración del carbón activado se realizó mediante el método químico aplicando ácido fosfórico a una concentración de 85%, posterior a ellos se evaluó las características del carbón activado, dando como resultado el carbón activado de mejor calidad es el del aguaje.

ANGELES (2009), en su tesis “Adsorción de cadmio y plomo en efluentes acuosos mediante borra de café peruano”, el cual tiene como objetivo establecer la eficiencia de plomo y cadmio presente en medio acuoso usando de borra de café, utilizando café de Villa Rica y de Quillabamba, dando como resultado que el café de Quillabamba es más eficiente en la remoción de los metales en mención, siendo para el plomo una máxima adsorción de 68.6 mg de plomo/ g de café y en el cadmio la máxima adsorción fue de 43.3 mg de cadmio/g de café.

### **1.3. Teorías relacionadas al tema.**

#### **1.3.1. Plomo**

Es un metal que se encuentra presente en toda la naturaleza, y en un gran número de minerales, siendo la más habitual el sulfuro de plomo. Además son comunes, sin embargo en orden decreciente, como por ejemplo la cerusita ( $PbCO_3$ ) y la anglesita ( $PbSO_4$ ), además posee una masa molar relativa de 207.2 g/mol. (VERDUGO, p. 22).

Según HERNANDEZ Y TRIVIÑO (2016), indica que el plomo se encuentra presente en casi todos los cuerpos de agua pero en mínimas cantidades, dicha cantidad en inferior a los a lo señalado por la Organización Mundial de la Salud, además las emisiones de los vehículos, y de los procesos industriales de las minerías, refinería y fundidoras también contaminan los cuerpos de agua superficiales, esto debido a que el plomo llega a la atmosfera y cuerpo de aguas transportándose mediante las lluvias acidas y aguas negras (p.37).

Además, SANCHEZ (2016), Sostiene que el plomo es un material que no tiene valor biológico para las personas, esto debido a que no es esencial para los seres vivos, ya que por su carga y tamaño puede suplantar al calcio y depositarse en los huesos de los seres vivos, también el plomo ingresa a los animales por inhalación o ingestión, de modo que este metal se deposita en los cuerpos de los animales. Asimismo el plomo si se encuentra en valores mayores a 0.1 ppm en el medio ambiente ocasiona la oxidación bioquímica de la materia orgánica.

### **1.3.2. Cadmio**

El cadmio es un metal blanco cuya masa molar relativa es 112.4 g/mol, funde a 321°C y entra en ebullición a 767°C. El Cadmio no se encuentra libre en la naturaleza sino en forma de sales o asociado a distintos minerales de Zn, Pb y Cu. (SANCHEZ, 2016, p. 17).

HERNANDEZ Y TRIVIÑO (2016), indica que el cadmio al ingresa a las aguas superficiales como ion libre, en donde la dilución de dicho metal no es completa, en donde una parte se diluye en el agua y la otra se deposita en el suelo, si el agua hay presencia de cadmio y presenta los parámetros de pH, dureza, materia suspendida o salinidad baja favorecerán al desplazamiento del cadmio favoreciendo a la contaminación de los acuíferos (p.29-30).

Además, el cadmio se encuentra clasificado como carcinógeno para los seres vivos, esto debido a su toxicidad, en medio acuoso el cadmio incrementa sus toxicidad esto debido a que pide adherirse a los peces por medio de ingestión o al introducirse por las escamas y su posterior ingresos en las personas cuando lo consuman (SANCHEZ, 2016, p. 18).

### **1.3.3. Bioadsorción**

Es un proceso de la adsorción, cuya finalidad es la atrapamiento de varias especies químicas a tras de una biomasa (agente absorbente), mediante mecanismos de adsorción química o física (PIZÓN Y VERA, 2009, p. 96).

Para LARA, TEJADA, VILLABONA y ARRIETA (2016), sostiene que la bioadsorción es una alternativa para el tratamiento de aguas contaminadas, logrando remover al tos porcentajes de contaminantes y es de bajo costo, a

diferencia de otros tratamientos, en donde involucra la utilización de una biomasa que realizará la función de adsorción, siendo algunos de estos restos agrícolas o subproductos de procesos, en donde la capacidad de adsorción dependerá de la naturaleza de la biomasa (p. 112).

Para CÁRDENAS y ORTEGA (2015), la bioadsorción se realiza mediante la intercambio de masa entre una fase sólida y líquida, lo que permitirá la separación de manera selectiva en una solución uno a más compuestos contaminantes. En donde la sustancia inerte que se encuentra en los cuerpos de agua se le define como adsorbato y el material que se utilizara para la bioadsorción se define como adsorbente (p. 25).

SÁNCHEZ (2016), indica que las ventajas de la bioadsorción es, un método de bajo costo, esto debido al menor gasto de los bioadsorbentes, también muestra una alta eficiencia a diferencia de los métodos convencionales, además uno de los valores adicionales de este método es que se puede recuperar el material absorbido mediante el proceso de biosorción el cual no genera residuos adicionales (p.20)

#### **1.3.4. Proceso de adsorción**

Según MANJARES (2007), la adsorción es la interacción a nivel superficial entre la molécula de una interfase activa y los solutos. El resultado es la formación de una capa líquida o gaseosa en la superficie de un cuerpo sólido por atracción molecular de tipo Van der Waals. Además la distribución de tamaño de los poros condiciona de manera muy importante el acceso de las moléculas hacia la superficie interna o sitios activos del sólido (p. 22).

Asimismo MANJARES (2007) afirma que en muchas aplicaciones de adsorción, si bien el sólido puede presentar una gran superficie específica, el tamaño de los poros solo permite la entrada hacia la superficie interna de especies o moléculas muy pequeñas. Otro aspecto importante es la velocidad de bioadsorción el cual dependerá del tamaño de los poros que presente la biomasa (adsorbente). Los macro y mesoporos presentan esa propiedad de facilitar los procesos difusionales hacia la estructura interna (microporos) del sólido (p. 23).

### **1.3.5. Adsorción física.**

Da lugar a las fuerzas de Van der Waals, este tipo de atracción se debe a la afinidad eléctrica entre adsorbente y adsorbato, además este proceso se da a temperaturas bajas, y las moléculas que son absorbidas son libre para desplazarse dentro de la interfase (CÁRDENAS y ORTEGA, 2015, p. 26).

Según MANJARES (2007) indica que la adsorción física está causada por las fuerzas de Van der Waals, en donde las especies son absorbidas formando varias capas, esta adsorción se realiza de manera lenta o rápida y de forma reversible, dependiendo de las características del adsorbente, la temperatura y el adsorbato (p. 23).

### **1.3.6. Adsorción química.**

Se da debido a fuerza de la naturaleza química, fundamentalmente es un proceso que depende de la temperatura, de la naturaleza química del sólido y de la concentración de la especie (MANJARES (2007, p. 24).

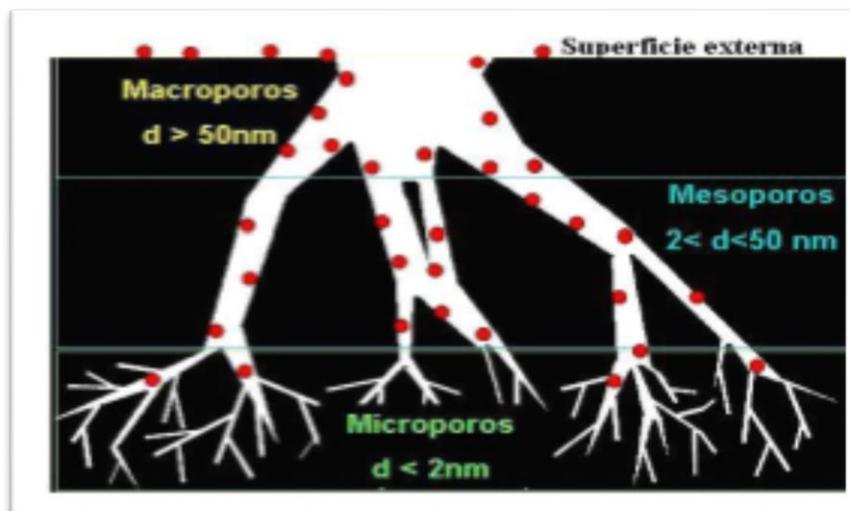
Asimismo CÁRDENAS y ORTEGA (2015) indica que si el adsorbente sufre una interacción química con el adsorbato además se presenta una distribución de electrones entre el adsorbato y el adsorbente, dando como resultado el desprendimiento de energía, esto origina que los iones o materiales adsorbidos de manera química se limiten a la formación de una monocapa (p.26).

### **1.3.7. Carbón activado**

Según MANJARREZ (2007), sostiene que los carbones activados presentan una gran capacidad de adsorción de diferentes especies, tanto en fase líquida como gaseosa, esto debido a que posee mayor área superficial y una estructura altamente porosa, favoreciendo a la adsorción de especies (p. 15).

Además MANJARREZ (2007) manifiesta indica que las propiedades adsorbentes de los carbones activados son esencialmente debidas a su área superficial, una estructura altamente micro porosa, y las características de su superficie. La disponibilidad de diversos tamaños de poros hace accesibles la superficie interna e incrementan la velocidad de adsorción. Los carbones activados más ampliamente utilizados son aquellos que tienen superficie de área

específica de 800 a 1500 m<sup>2</sup>/g. esta área superficial es contenida principalmente por microporos, sin embargo actúan como conducto para el adsorbato al interior de la superficie microporosa, donde se lleva a cabo casi toda la adsorción (p. 16).



Fuente: MANJARREZ, 2007, p. 16

Figura 1: Tipos de poros en un carbón activado

Según SANGAY (2010) indica que el carbón activado se clasifica por el tamaño de las partículas: Tipo I en donde está conformada por carbón activado en polvo, el cual tiene propiedades importante como la filtrabilidad y la densidad, siendo aquellas que pasan por el tamiz de malla 80 ASTM, estas poseen una velocidad de adsorción más rápida pero la dificultad es que es difícil de manejar o manipularlo y la de tipo 2 son aquellas que poseen perfil granular cuyas principal propiedad es la dureza y tamaño de la partícula, siendo aquellas que no pasan el tamiz de maya 80 ASTM. (p. 28 - 29).

### 1.3.8. Activación química

En este proceso, la carbonización y activación se realizan simultáneamente. Este procedimiento involucra la carbonización del material después de la impregnación con el agente activante. Estos compuestos tienen características de actuar como deshidratantes, lo cual ejerce influencia en la pirolisis para la descomposición e inhibición de la formación del alquitrán. El rango de

temperaturas de activación esta entre 400 y 800 °C. (FERNANDEZ, 2006, p. 13-14).

### **1.3.9. Activación con ácido fosfórico**

Según MANJARREZ (2007), sostiene que la activación con ácido fosfórico es el mejor método, ya que la temperatura que requiere son bajas a comparación con la activación física, además en este método se puede recuperar el ácido fosfórico, también favorecerá al rendimiento del carbón ya que desarrollara una acidez superficial, favoreciendo en gran medida la adsorción de metales pesados, además de ser carbones muy estables térmica y químicamente (p.20).

Según FIERRO, FERNÁNDEZ, CELZARD (2006), indica que el ácido fosfórico tiene dos funciones importantes como imprégnate, durante la activación: 1) produce la hidrólisis del material lignocelulosico, seguida de una extracción de algunos componentes, 2) el ácido ocupa un volumen, el cual inhibe la contracción del material durante el tratamiento térmico, por la formación de enlaces fosfatos y polifosfatos entre los fragmentos biopolímeros, al ser extraído durante el lavado deja el material poroso (p. 2).

En investigaciones se ha reportado que el ácido fosfórico incrementa el rendimiento del carbón activado debido a que incrementa la deshidratación y promueve arreglos estructurales en la matriz del sólido, así como también reduce la emisión de volátiles y previene la combustión (FIERRO, FERNÁNDEZ, CELZARD, 2006, p. 3).

Asimismo la concentración del ácido fosfórico favorece al desarrollo de la porosidad. Cuando se utiliza una concentración más al (85%) el fosforo remanente en el material lignocelulosico es mucho mayor en comparación con los materiales que son tratados a concentraciones de ácido menores (36%), los cuales generan principalmente microporos (DIAZ, et. al. 2004. p. 2).

Por otra parte en lo referente a la temperatura de activación, varios autores indican que han encontrado que la principal degradación del precursor toma lugar a 200-350 °C con la evolución de H<sub>2</sub>O, CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, aldehídos, etc. La destilación de los hidrocarburos más pesados como los alquitranes toman lugar entre 350-500 °C, y por encima de 500 °C hay una pequeña pérdida de peso,

esto indica que la estructura base esta ya formada. Consecuentemente, si la activación química es usada, se espera que la actividad de los reactivos está casi completa a esta temperatura (500°C), siendo la principal razón por la que la activación química se lleva a cabo entre 450 – 600 °C (MANJARREZ, 2007, p. 27).

### 1.3.10. Capacidad de adsorción

La capacidad de adsorción ( $q$ ), se define como la masa del sorbato adsorbida por unidad de masa sorbente. El cálculo de la capacidad de adsorción está basado en un balance de masas, ya que el sorbato al no estar en la solución, se encuentra adherido al sorbente (CORDOVA, 2016, p. 46).

$$q = \frac{V (C_0 - C_e)}{W} \quad \text{Ecuacion N}^\circ 1$$

Dónde:

$q$  es la capacidad de adsorción (mg/g),  $C_0$  es la concentración inicial (mg/L),  $C_e$  es la concentración final de la solución (mg/L),  $V$  es el volumen de la solución (L) y  $W$  es la masa del adsorbente de estudio (g). (CORDOVA, 2016, p. 46).

El cálculo del proceso de bioadsorción se realiza por el porcentaje de remoción.

$$\% R = \frac{(C_0 - C_e)}{C_0} * 100 \quad \text{Ecuacion N}^\circ 2$$

Dónde

$C_0$ : concentración inicial (mg/L),  $C_e$ : concentración final de la solución (mg/L). (DORIA, HORMAZA & GALLEGO, 2011, p. 75).

### 1.3.11. Modelos Cinéticos

Existen modelos matemáticos que permiten evaluar cómo se está llevando a cabo la cinética de la reacción para la adsorción de iones metálicos, en cualquier caso, los modelos más extendidos son aquellos que suponen la reacción superficial como controlante de la velocidad. Entre los modelos más usados nos encontramos con los de primer orden reversible y pseudo segundo orden (CORDOVA, 2016, p. 33).

Asimismo, OBREGON (2012) indica que los modelos utilizados para determinar el proceso de reacciones químicas o transferencia de masa, son el modelo de primer y pseudo segundo orden (p. 23).

### 1.3.12. Modelo primer orden reversible

La expresión matemática correspondiente a la cinética de primer orden reversible se basa en la suposición de que a cada ion metálico se le asigna un sitio de adsorción del material adsorbente, lo que en término de velocidad de reacción se expresa como (ecuación 3) (CORDOVA, 2016, p. 34).

$$\frac{dq_t}{dt} = K_1 * (q_e - q_t) \quad (\text{Ecuacion N}^\circ 3)$$

Donde  $q_t$  (mg/g) es la cantidad adsorbida en un tiempo  $t$ ,  $q_e$  (mg/g) es la cantidad adsorbida en el equilibrio y  $K_1$  ( $\text{min}^{-1}$ ) es la constante cinética de primer orden. Integrando la ecuación 1 y aplicando como límites a  $t= 0$ ,  $q_t= 0$  y a  $t= t$ ,  $q_t= q_t$  se obtiene la ecuación 4: (CORDOVA, 2016, p. 34).

$$q_t = q_e * (1 + e^{-K_1*t}) \quad \text{Ecuacion N}^\circ 4$$

### 1.3.13. Modelo cinético de pseudo segundo orden

El modelo fue desarrollado por Ho y McKay, sosteniendo que el adsorbato se adsorbe en dos sitios activos distintos de la biomasa. (CORDOVA, 2016, p. 34). Además OBREGON (2012) indica que el modelo pseudo segundo orden describe como un proceso de adsorción química (p. 23).

$$\frac{dq_t}{dt} = K_2 * (q_e - q_t)^2 \quad \text{Ecuacion N}^\circ 5$$

De la ecuación N° 3 y teniendo en cuenta la constante de los límites descritos para el modelo anterior, se tiene la ecuación 5:

$$q_t = \frac{t}{\frac{1}{K_2 * q_e^2} + \frac{t}{q_e}} \quad \text{Ecuacion N}^\circ 6$$

Donde  $K_2$  (g/mg.min), es el coeficiente de cinética del modelo pseudo segundo orden y la velocidad inicial de adsorción se define por  $h = K_2 * qe^2$  (mg/g\*min) (CORDOVA, 2016, p. 34).

#### **1.4. Formulación del problema**

##### **1.4.1. Problema general**

¿Cuál es la eficiencia en la bioadsorción de plomo y cadmio usando carbón activado proveniente de la cascarilla de arroz en agua de la Huascacocha, Yauli, Junín – 2018?

##### **1.4.2. Problemas específicos**

###### **Problema específico 1**

¿Cuál es la influencia del tiempo de contacto en la bioadsorción de plomo y cadmio presentes en agua de la Huascacocha, Yauli, Junín – 2018?

###### **Problema específico 2**

¿Cuál es la influencia de la dosificación de carbón activado proveniente de la cascarilla de arroz en la bioadsorción de plomo y cadmio presentes en agua de la laguna Huascacocha, Yauli, Junín – 2018?

#### **1.5. Justificación**

En este trabajo, se propone el uso de carbón activado proveniente de la cascarilla de arroz como una alternativa al tratamiento de agua contaminada por metales pesados para la remoción o extracción de contaminantes con metales pesados en cuerpos de agua, antes los métodos convencionales que son más costosos y no son eficiente en la remoción de metales, y su posible aplicación en otros campos de la ciencia ambiental. Además en esta investigación servirá para diseñar nuevos métodos de para mitigar los impactos ambientales, así como mejorar el procesos de tratamiento de fuentes ya existente.

Así mismo, servirá como una base para el desarrollo de nuevas técnicas de tratamiento de efluentes y remediación ambiental basadas en la bioadsorción que puedan desarrollar diversos residuos orgánicos, beneficiando no solo al

campo de tratamiento de efluentes y remediación ambiental, sino también contribuyendo al reaprovechamiento de la cascarilla de arroz dándole una alternativa de uso y valor agregado a este residuos agroindustrial.

El presente trabajo es importante además por la aplicación que puede tener éste método en otras industrias y la motivación que otras personas puedan tener para seguir investigando en mejoras de eficiencia o su aplicación en otros sectores.

## **1.6. Hipótesis**

### **1.6.1. Hipótesis General**

La bioadsorción de plomo y cadmio con carbón activado proveniente de la cascarilla de arroz es favorable para remediar las aguas de la laguna Huascacocha, Yauli, Junín - 2018.

### **1.6.2. Hipótesis Específicas**

#### **Hipótesis Específica 1**

El tiempo de contacto influye en el proceso de bioadsorción de plomo y cadmio presente en agua de la laguna Huascacocha, Yauli, Junín – 2018.

#### **Hipótesis Específica 2**

La dosificación de carbón activado proveniente de la cascarilla de arroz influye en la bioadsorción de plomo y cadmio presentes en agua de la laguna Huascacocha, Yauli, Junín – 2018.

## **1.7. Objetivos**

### **1.7.1. Objetivos generales**

Evaluar la eficiencia de la bioadsorción de plomo y cadmio con carbón activado proveniente de la cascarilla de arroz en agua de la Huascacocha, Yauli, Junín – 2018.

## **1.7.2. Objetivos específicos**

### **Objetivo específico 1**

Determinar la influencia del tiempo de contacto en la bioadsorción de plomo y cadmio presentes en agua de la Huascacocha, Yauli, Junín – 2018.

### **Objetivo específico 2**

Determinar la influencia de la dosificación de carbón activado proveniente de la cascarilla de arroz en la bioadsorción de plomo y cadmio presente en agua de la laguna Huascacocha, Yauli, Junín – 2018.

## **II. Método**

### **2.1. Diseño de investigación**

El presente trabajo tiene diseño pre-experimental, en la que se trabajan con dos variables, una independiente y otra dependiente, manipulándose la variable independiente aplicándose el tratamiento con diferentes dosificaciones de carbón activado y el tiempo de contacto entre el adsorbente y adsorbato sobre la variable dependiente (Reducción de plomo y cadmio).

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

G: Muestra a tratar.

O<sub>1</sub>: Pre – test, concentración inicial de plomo y cadmio.

X: Tratamiento con carbón activado proveniente de la cascarilla de arroz.

O<sub>2</sub>: Concentración final plomo y cadmio después de la aplicación del tratamiento.

Además, el presente trabajo es de tipo aplicativo, ya que se explicara el proceso de bioadsorción de plomo y cadmio con carbón activado proveniente de la cascarilla de arroz en agua de la laguna Huascococha.

### **2.2. Operacionalización de Variables**

#### **Variable independiente**

Carbón activado proveniente de la cascarilla de arroz

#### **Variable dependiente**

Bioadsorción de plomo y cadmio

### 2.2.1. Variables, operacionalización

Variables		Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones		Indicadores	Escala de medición
INDEPENDIENTE	Carbón activado proveniente de la cascarilla de arroz	Es un material solido preparado artificialmente, que se caracteriza por una estructura porosa bien desarrollada, lo que le confiere una elevada superficie específica y capacidad de adsorción. (MANJARRES, 2007, p. 15)	el uso del carbón activado proveniente de la cascarilla de arroz será determinado en la dosificación (gr) al aplicarse al cuerpo de agua contaminada durante determinados periodos de tiempo	Dosificación	Tratamiento 1	gr	
					Tratamiento 2		
Tratamiento 3							
				Tiempo de contacto	10 15 20 30 45 60 90 120	Minutos	
DEPENDIENTE	Bioadsorción de plomo y cadmio	La bioadsorción es un proceso de adsorción que consiste en la captación de diversas especies químicas por una biomasa, a través de mecanismos fisicoquímicos como la adsorción o el intercambio iónico. (PIZÓN Y VERA, 2009, p. 96).	El análisis de plomo y cadmio realizo mediante el análisis de muestras de agua antes y después del tratamiento a las muestras de aguas agregándole diferentes dosis de biosorbentes en cada muestra por un tiempo determinado.	características químicas	Bioadsorción de plomo	Concentración inicial	mg/L
						Concentración final	mg/L
						Remoción de plomo	%
						Capacidad de Adsorción	mg/g
					Bioadsorción de cadmio	Concentración inicial	mg/L
						Concentración final	mg/L
						Remoción de cadmio	%
						Capacidad de Adsorción	mg/g

Elaboración propia

## **2.3. Población y muestra**

### **2.3.1. Población**

Está comprendida por el volumen total de agua de la laguna Huascacocha encontrándose ubicado en la provincia de Yauli, departamento de Junín a 4476 msnm.

### **2.3.2. Muestra**

La muestra está constituida por el volumen de agua extraída, el cual fue un total de 60 litros, la muestra fue simple ya que se realizó una sola vez, muestreándose a una profundidad de 30 cm y en un punto de acceso seguro.

## **2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de recolección de datos, validez y confiabilidad**

### **2.4.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Se emplearán en el presente trabajo de investigación serán mencionadas en tabla N° 2.

#### **a) Ubicación de la zona de estudio**

La laguna Huascacocha se encuentra ubicada en el distrito de santa Bárbara de Carhuacayán en la provincia de Yauli, departamento de Junín, a 4476 msnm. Asimismo el ANA en la RJ N° 056-2018-ANA categoriza a la Laguna Huascacocha como categoría III: Riesgo de vegetales y bebidas de animales. (Ver anexo N° 2).



Figura 2: Laguna Huascacocha, Yauli, Junín

**Tabla N° 2: Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

ETAPAS	FUENTES	TÉCNICA	INSTRUMENTO	RESULTADO
Ubicación de la Laguna Huascacocha	Aguas de la laguna Huascacocha	Protocolo nacional de monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales	Ficha de registro de datos de campos	Número de puntos de muestreo
Análisis inicial in situ de las muestras del	Agua de la laguna Huascacocha	Se realizará medición in situ con el multiparametro	Ficha de registro de datos de campos	Valores de pH. Temperatura, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica,
Análisis de la muestras de la laguna Huascacocha	Laboratorio de la UNI	Para la medición de la concentración de plomo y cadmio se empleara el método de Espectrofotometría de adsorción atómica	Ficha de registro de la eficiencia de en la remoción de plomo, cadmio	Concentración inicial de plomo y cadmio en aguas de la laguna Huascacocha
Bioadsorción usando carbón activado proveniente de la cascarilla de arroz	Laboratorio de la Universidad Cesar Vallejo - Lima Norte y Laboratorio de la UNI	Pruebas de jarras y Análisis de adsorción atómica	Ficha de recolección de datos de laboratorio	Capacidad de adsorción, porcentaje de remoción, y determinación de concentración final
Procesamiento de datos	SPSS y Microsoft Excel.	Procesamiento para obtener reducción de plomo y cadmio	Análisis e interpretación de datos.	La capacidad del carbón activado proveniente de la cascarilla de arroz para remover plomo y cadmio del agua de la laguna Huascacocha

Fuente elaboración propia

### **b) Recolección de la muestra y análisis de la muestra**

Se recolecto la muestra de 80 litros de agua de la laguna Huascacocha y 2 litro para determinar la concentración inicial de plomo y cadmio y 78 L para realizar la parte experimental, luego se procedió a preservar la muestra añadiendo aproximadamente 10 gotas de  $\text{NHO}_3$  hasta llevar a un pH entre 1 a 2. La determinación de la concertación inicial de plomo y cadmio se realizó en el laboratorio de la UNI (Laboratorio de Espectrofotometría de Adsorción Atómica – Facultad de Ingeniería Geológica, minera y Metalúrgica).

Asimismo en la evaluación de las aguas de la Laguna Huascacocha se utilizó el ECA de agua - Categoría 3: Riego Vegetales y Bebida de Animales, los parámetros evaluados fueron: pH, plomo y cadmio.

Tabla N° 3: ECA para Agua Categoría 3: Agua para riego de vegetales y bebida de animales

Parámetros	Unidad	Riego de vegetales	Bebida de animales
pH	Unidad de pH	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5
Plomo	mg/L	0.05	0.05
Cadmio	mg/L	0.01	0.05

Fuente: DS N° 004-2017-MINAM



Figura 3: Extracción y preservación de las muestras de la laguna Huascacocha

### c) Obtención de carbón activado

Para la preparación del carbón activado proveniente de la cascarilla de arroz como bioadsorbente se siguió las siguientes etapas.

**Lavado:** se realizó el lavado con agua destilada para quitar las impurezas de la cascarilla de arroz a una temperatura ambiente y con una agitación constante de 35 minutos, luego el exceso de agua fue eliminado y luego se llevó al secado en una estufa a 120°C.

**Activación:** se empleó como agente activante el ácido fosfórico para impregnar la biomasa (cascarilla de arroz) en un relación de 1:1.5 (agente activante: precursor) luego se dejara en reposo por una hora.

**Carbonización:** se realizará la carbonización en una mufla a 450°C.

**Lavado:** Se realizara el lavado del carbón activado con la finalidad de quitar el excedente de ácido fosfórico y se llevara a un pH entre 6 a 7 con la finalidad de que no altere el pH de las muestras recogidas en la laguna.

**Secado:** Para el secado se da en una estufa a 120°C para quitar el exceso de humedad.

Como indica CASILLAS (2008) la relación acido – precursor debe encontrarse entre 1 – 1.5, ya que con esta relación se obtiene un carbón con una buena capacidad adsorbativa (p. 26), además MANJARREZ (2007) indica que la proporción de ácido fosfórico entre 1 y 1.2 favorece a una distribución microporos y mesoporos relativamente homogénea (p. 52).



Figura 4: Obtención de carbón activado mediante activación química con  $H_3PO_4$

**d) Tratamiento de bioadsorción con 3 dosis diferentes de carbón activado:**

Los tratamientos se llevaron a cabo en laboratorio, realizándose tres métodos con tres dosis de carbón (0.5 gr, 1 gr y 3 gr) durante 6 tiempos establecidos (10, 15, 20, 30, 45, 60, 90 y 120 minutos), realizándose 3 repeticiones por cada experimento, dicho tratamiento se realizara en un sistema batch (pruebas de jarras), luego de cumplir con los tiempos establecidos se procedió al filtrado (mediante papel filtro) para la retención del carbón activado y realizar el análisis de espectrofotometría de adsorción atómica para el plomo y cadmio.

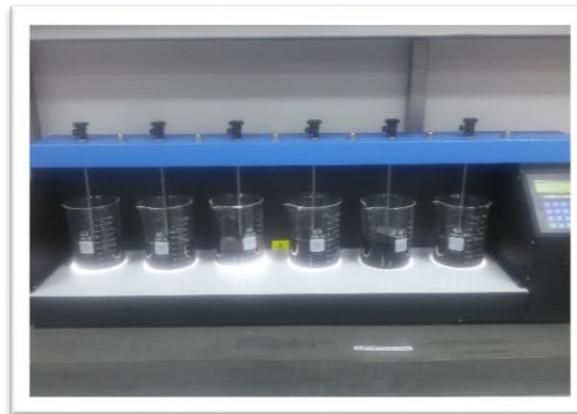


Figura 5: Aplicación de diferentes dosis de CA en la bioadsorción de plomo y cadmio.

## **e) Procesamiento de dato**

Durante la parte experimental se recolecto los datos obtenidos en el tratamiento de bioadsorción, donde está determinado por el tiempo y la dosis de carbón activado para la remoción de plomo y cadmio. Para luego ser procesado en software estadístico Spss y Microsoft Excel.

### **2.4.2. Validez y confiabilidad de datos**

Se darán mediante las fichas de evaluación de parámetros firmados por especialistas.

### **2.5. Método de análisis de datos**

Los datos obtenidos serán examinados utilizando la estadística para el contraste de hipótesis con la ayuda del software estadístico SPSS, prueba ANOVA.

### **2.6. Aspectos éticos**

La presente al ser trabajo de tipo pre experimental, se determinara la eficiencia del carbón activado mediante el uso de procedimientos y metodologías obteniéndose resultados disponibles para el público en general, pudiendo ser utilizado como antecedentes o base de información, por lo que los datos son fehacientes, ya que los datos obtenidos no serán alterados ni manipulados.

### III. Resultados

#### 3.1. Estudio cinético para plomo

Tabla N° 4: Resultados experimentales para Pb con aplicación de 0.5 gr de CA

Promedio muestras	Tiempo de contacto (minutos)	Ce (mg/L)	qt (mg/g)	% Remoción
P-D0.5-0	0	0.185	0.00	0
P-D0.5-1	10	0.101	0.084	45.23
P-D0.5-2	15	0.083	0.102	54.95
P-D0.5-3	20	0.068	0.117	63.06
P-D0.5-4	30	0.064	0.121	65.41
P-D0.5-5	45	0.061	0.124	67.21
P-D0.5-6	60	0.058	0.127	68.47
P-D0.5-7	90	0.057	0.128	69.37
P-D0.5-8	120	0.056	0.129	69.91

Tabla N° 5: Resultados experimentales para Pb con aplicación de 1 gr de CA

Promedio muestras	Tiempo de contacto (minutos)	Ce (mg/L)	qt (mg/g)	% Remoción
P-D1-0	0	0.185	0	0
P-D1-1	10	0.064	0.061	65.41
P-D1-2	15	0.055	0.065	70.27
P-D1-3	20	0.046	0.070	75.14
P-D1-4	30	0.040	0.073	78.38
P-D1-5	45	0.036	0.075	80.54
P-D1-6	60	0.034	0.075	81.44
P-D1-7	90	0.033	0.076	82.16
P-D1-8	120	0.031	0.077	83.24

Tabla N° 6: Resultados experimentales para Pb con aplicación de 3 gr de CA

Promedio muestras	Tiempo de contacto (minutos)	Ce (mg/L)	qt (mg/g)	% Remoción
P-D3-0	0	0.185	0.000	0
P-D3-1	10	0.046	0.023	74.95
P-D3-2	15	0.036	0.025	80.54
P-D3-3	20	0.023	0.027	87.57
P-D3-4	30	0.019	0.028	89.73
P-D3-5	45	0.014	0.029	92.43
P-D3-6	60	0.010	0.029	94.41
P-D3-7	90	0.009	0.029	95.32
P-D3-8	120	0.007	0.030	96.04

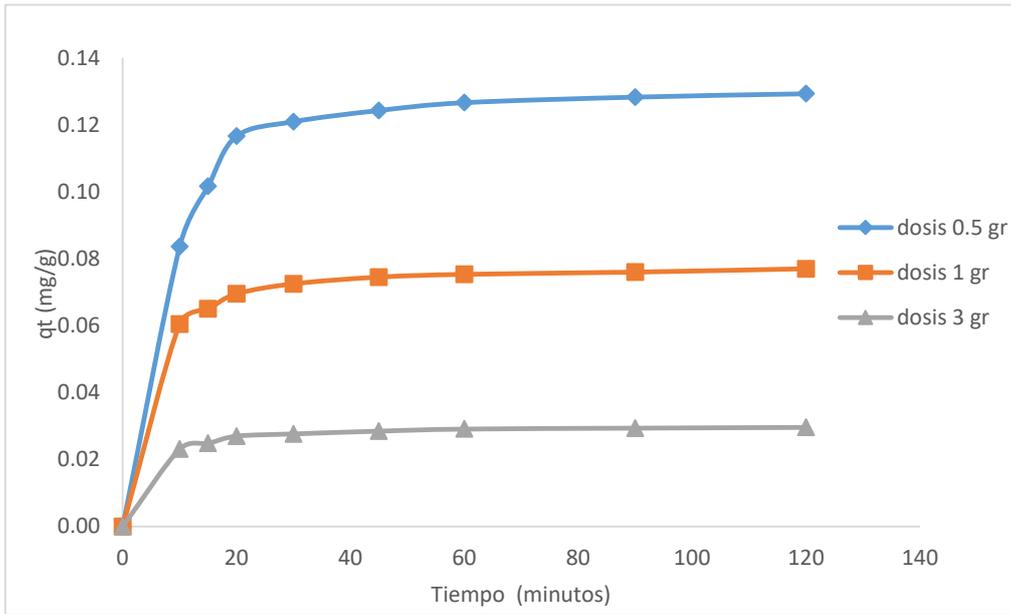


Figura 6: Curvas de cinética de bioadsorción del Pb a diferentes dosis de CA.

### Interpretación

Los resultados obtenidos en la Figura N° 6, se establece que el tiempo de contacto óptimo para que el carbón activado alcance su punto de equilibrio es de 30 minutos la 3 dosis de CA (0.5 gr, 1 gr y 3 gr), luego de este tiempo el carbón activado empieza con su saturación con un pequeño aumento en la bioadsorción entre 30 a 120 minutos.

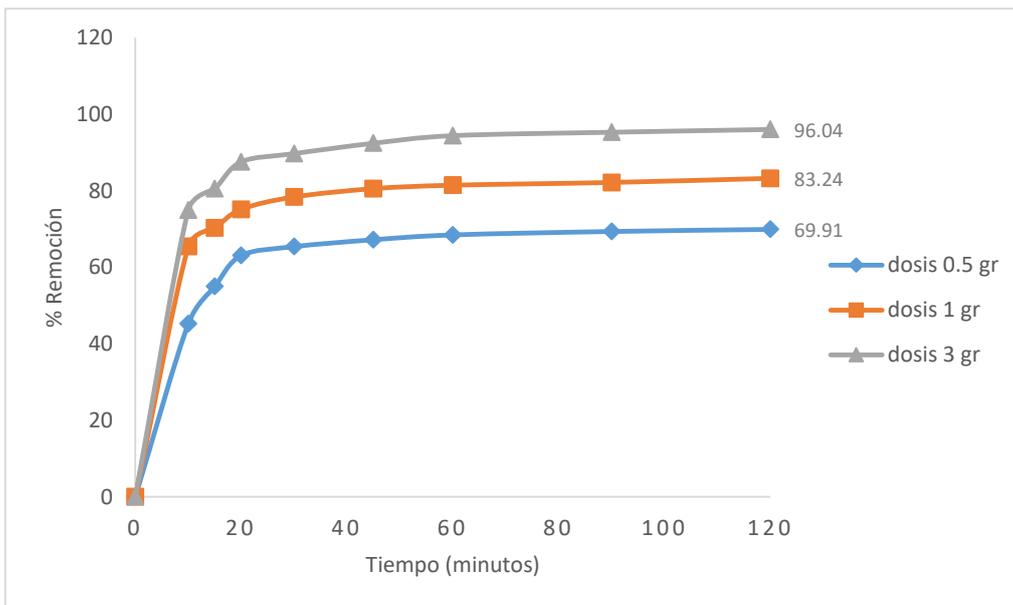


Figura 7: Porcentaje de remoción de Pb a diferentes dosis de CA

## Interpretación

En la Figura 7, se observa que el mayor porcentaje de remoción se da con la dosis 3 gr, obteniendo el mayor porcentaje de remoción de 96.04 %, a diferencia de las otras dosis 0.5 gr y 1 gr que obtiene 83.24 % y 69.91 % respectivamente.

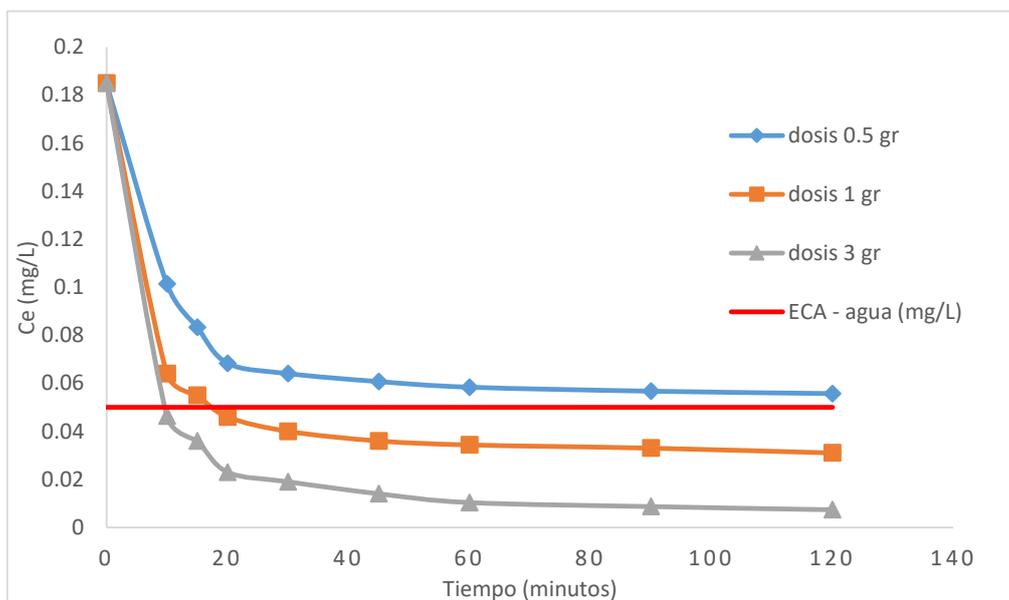


Figura 8: Curva de decaimiento de Pb a diferentes dosis de CA

## Interpretación

En la Figura 8 se determina que la concentración que la concentración inicial de Pb es de 0.185 mg/L, y al ponerlo en contacto con el carbón activado se observa que la concentración va disminuyendo al transcurrir el tiempo, alcanzando el equilibrio sólido-líquido en el intervalo de tiempo de 45 a 60 minutos aproximadamente, lográndose remediar las aguas de la laguna Huascacocha reduciendo la concentración hasta valores inferiores al ECA – agua (categoría II) con la dosis 1 gr y 3gr. Esto se observa gráficamente a medida que la tendencia en la concentración reducida se hace constante.

### 3.1.1. Modelo primer orden para plomo

Tabla N° 7: Parámetros cinéticos para el plomo según el modelo primer orden

Dosis CA	$K_1$ ( $\text{min}^{-1}$ )	$q_e$ (mg/g) (experimental)	$q_e$ (mg/g) (calculado)	$R^2$
0.5	0.0153	0.130	0.151	0.9402
1	0.0067	0.080	0.116	0.8368
3	0.0108	0.030	0.038	0.9206

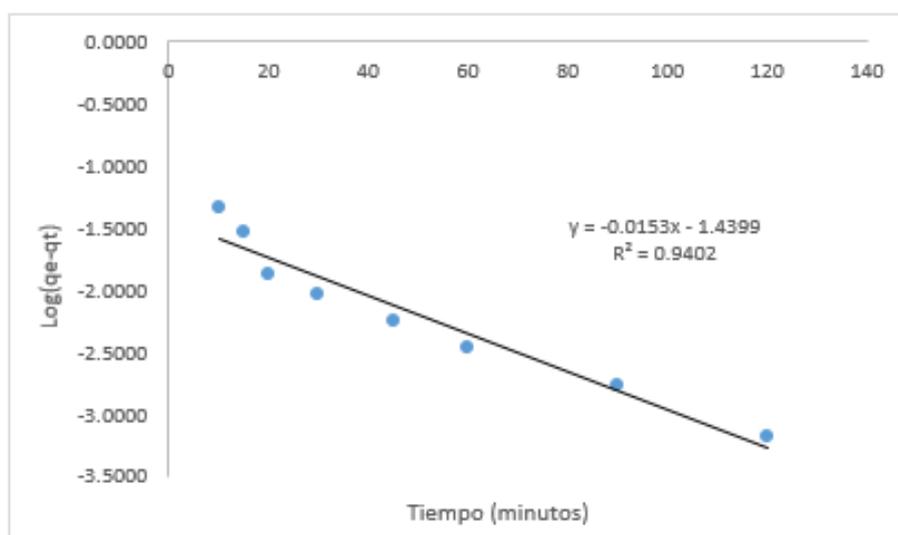


Figura 9: Modelo cinético de pseudo primer orden para la bioadsorción de Pb en 0.5 gr de CA.

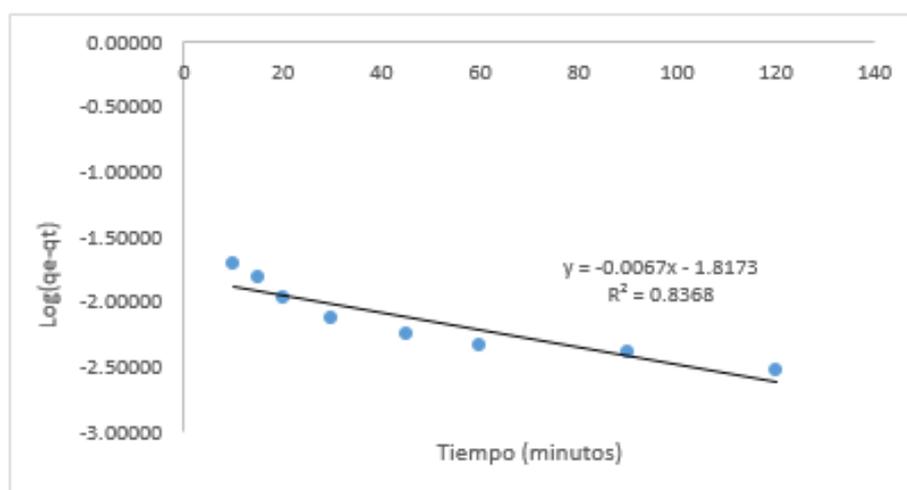


Figura 10: Modelo cinético de pseudo primer orden para la bioadsorción de Pb en 1 gr de CA.

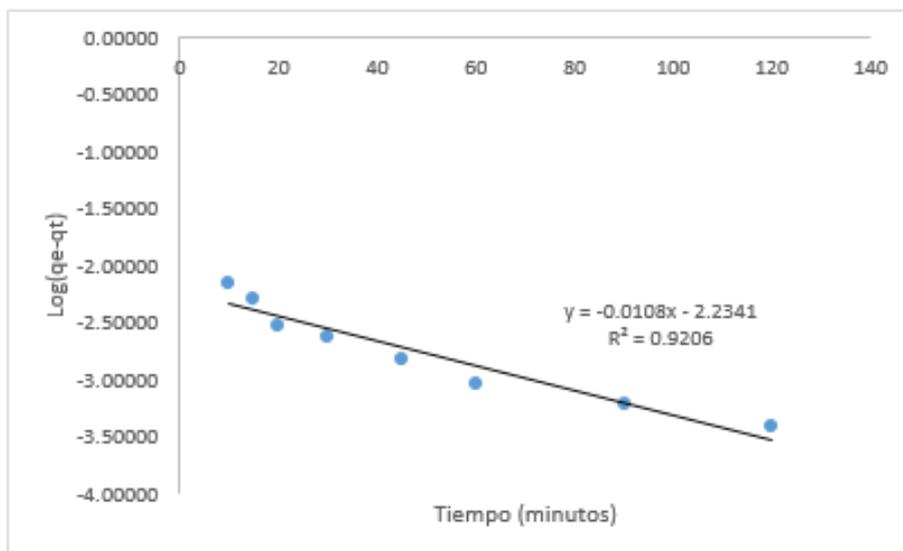


Figura 11: Modelo cinético de pseudo primer orden para la bioadsorción de Pb en 3 gr de CA.

### Interpretación:

Se puede observar que en la Figura N° 9, 10 y 11, los datos obtenidos para los 3 tipos de dosificación de CA (0.5 gr, 1 gr y 3 gr), no se de forma aceptable al modelo de pseudo primer orden; esto debido a que el coeficientes de correlación para los tres tipos de dosificación no se aproximan a la unidad a diferencia del modelo pseudo segundo orden y los valores de  $q_e$  experimentales se aleja a los  $q_e$  calculados., obteniéndose para la dosis 0.5 gr un  $R^2 = 0.9402$ , para la dosis 1 gr un  $R^2 = 0.8368$  y para la dosis 3 gr un  $R^2 = 0.9206$ , por tal motivo dicho modelo no se acepta. Además los parámetros cinéticos se observan en la Tabla N°7.

### 3.1.2. Modelo pseudo segundo orden para plomo

Tabla N° 8: Parámetros cinéticos para el plomo según el modelo pseudo segundo orden

Dosis CA	$K_2$ (g.mg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	$h$ (mg.g <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	$q_e$ (mg/g) (experimental)	$q_e$ (mg/g) (calculado)	$R^2$
0.5	1.768	0.0317	0.130	0.129	0.9994
1	4.4843	0.0277	0.080	0.0787	1
3	1.6661	0.0103	0.030	0.0304	0.9999

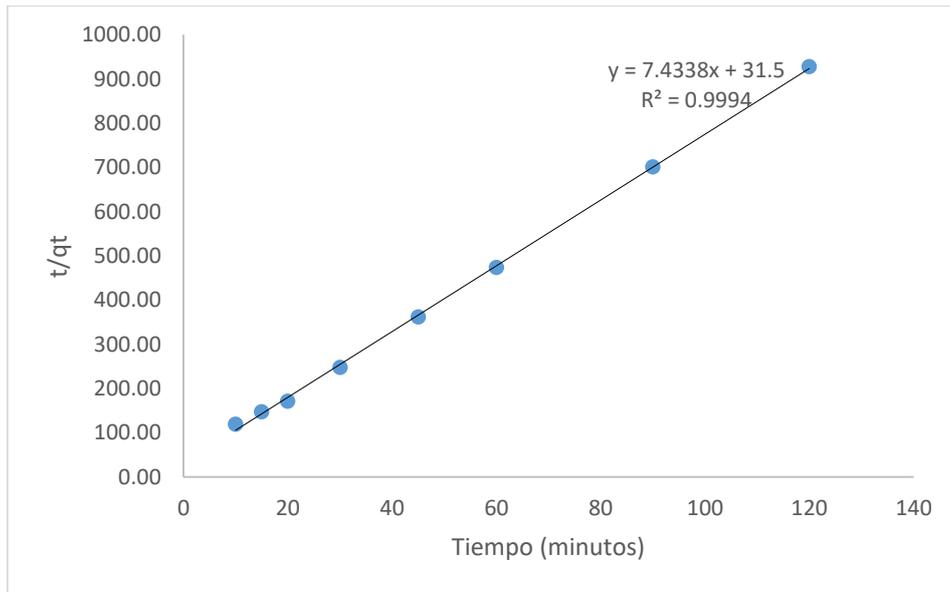


Figura 12: Modelo cinético de pseudo segundo orden para la bioadsorción de Pb en 0.5 gr de CA.

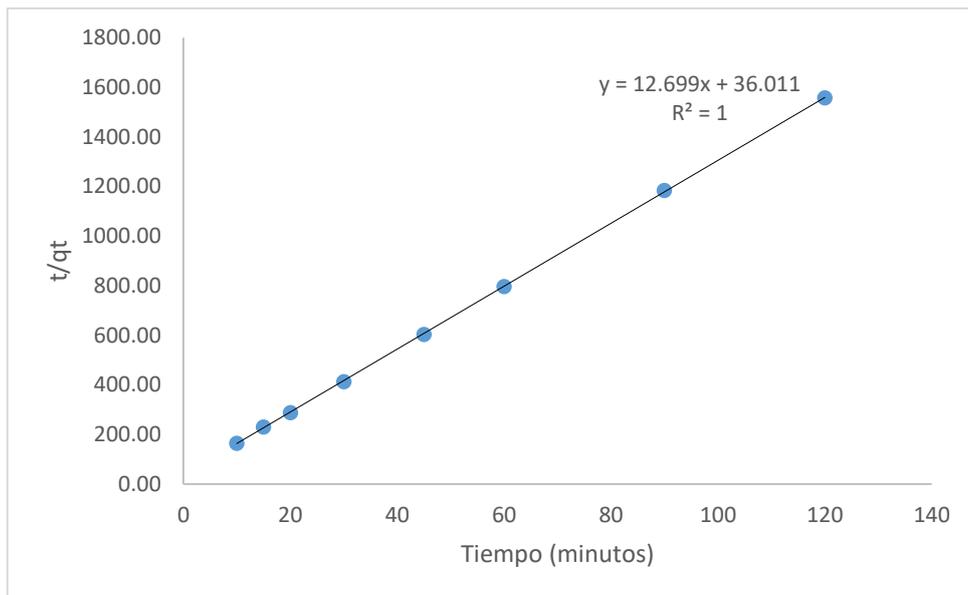


Figura 13: Modelo cinético de pseudo segundo orden para la bioadsorción de Pb en 1 gr de CA.

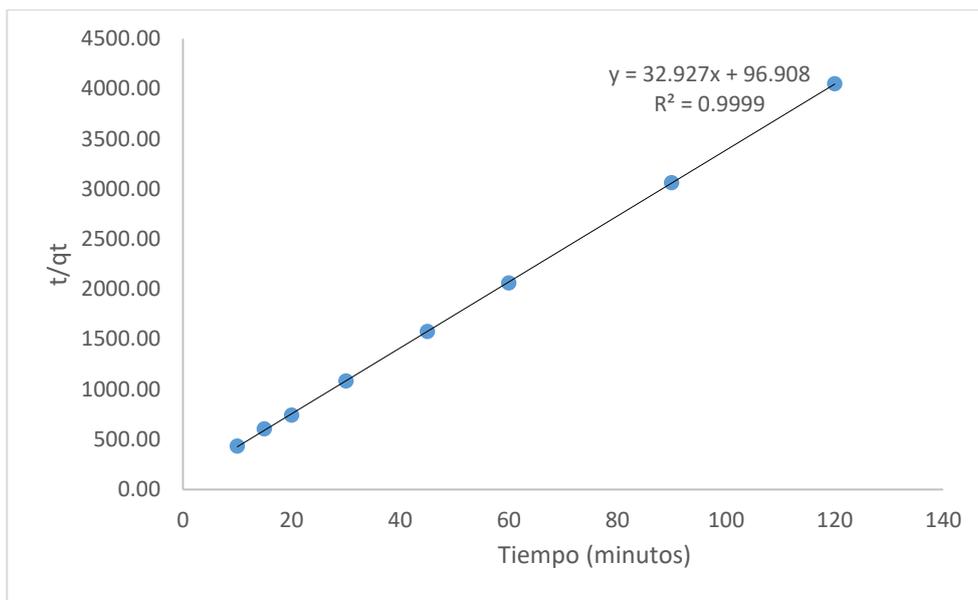


Figura 14: Modelo cinético de pseudo segundo orden para la bioadsorción de Pb en 3 gr de CA.

### Interpretación

En la Figura 12, 13 y 14, se observa que los datos experimentales obtenidos para el CA en diferente dosis (0.5 gr, 1 gr y 3 gr), se adecuan más al modelo cinético, obteniéndose los coeficientes de correlación para la dosis 0.5 gr ( $R^2=0.9994$ ), para la dosis 1 gr ( $R^2= 1$ ) y la dosis 3 gr ( $R^2= 0.9999$ ), debido a este resultado utilizamos este modelo para la descripción del proceso. Las condiciones del proceso son presentados en la Tabla N° 8.

### 3.2. Estudio de cinética para cadmio

Tabla N° 9: Resultados experimentales para Cd con aplicación de 0.5 gr de CA

Promedio de muestras	Tiempo de contacto (minutos)	Ce (mg/L)	qt (mg/g)	% Remoción
P-D0.5-0	0	0.154	0.00	0
P-D0.5-1	10	0.078	0.076	49.35
P-D0.5-2	15	0.067	0.087	56.28
P-D0.5-3	20	0.057	0.097	62.99
P-D0.5-4	30	0.051	0.103	66.88
P-D0.5-5	45	0.047	0.107	69.70
P-D0.5-6	60	0.040	0.114	73.81
P-D0.5-7	90	0.035	0.119	77.06
P-D0.5-8	120	0.032	0.122	79.44

Tabla N° 10: Resultados experimentales para Cd con aplicación de 1 gr de CA

Promedio de muestras	Tiempo de contacto (minutos)	Ce (mg/L)	qt (mg/g)	% Remoción
P-D1-0	0	0.154	0	0
P-D1-1	10	0.052	0.051	66.02
P-D1-2	15	0.044	0.055	71.21
P-D1-3	20	0.034	0.060	78.14
P-D1-4	30	0.028	0.063	82.03
P-D1-5	45	0.022	0.066	85.50
P-D1-6	60	0.018	0.068	88.10
P-D1-7	90	0.017	0.068	88.74
P-D1-8	120	0.017	0.069	89.18

Tabla N° 11: Resultados experimentales para Cd con aplicación de 3 gr de CA

Promedio de muestras	Tiempo de contacto (minutos)	Ce (mg/L)	qt (mg/g)	% Remoción
P-D3-0	0	0.154	0	0
P-D3-1	10	0.043	0.018	71.86
P-D3-2	15	0.036	0.020	76.62
P-D3-3	20	0.029	0.021	81.39
P-D3-4	30	0.023	0.022	84.85
P-D3-5	45	0.017	0.023	88.74
P-D3-6	60	0.014	0.023	90.91
P-D3-7	90	0.010	0.024	93.29
P-D3-8	120	0.006	0.025	95.89

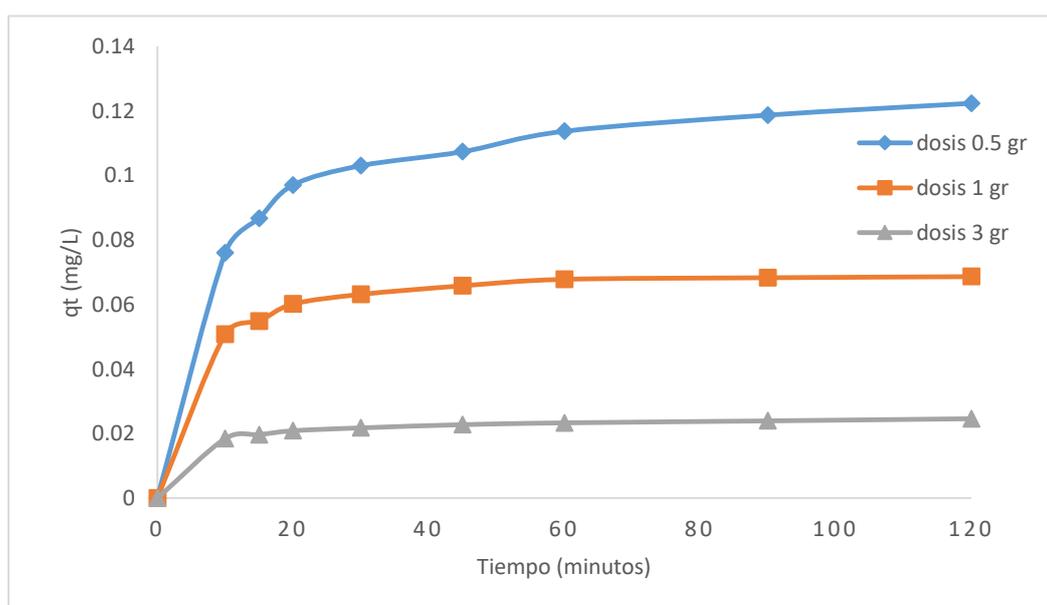


Figura 15: Curvas de cinética de bioadsorción del Cd a diferentes dosis de CA

## Interpretación

Los resultados obtenidos para la bioadsorción de Cd se observa en la Figura 15, teniendo como resultado que el tiempo de contacto óptimo para que al carbón activado alcance el equilibrio de adsorción se da entre los primeros 30 minutos para las 3 dosis, luego comienza la estabilización.

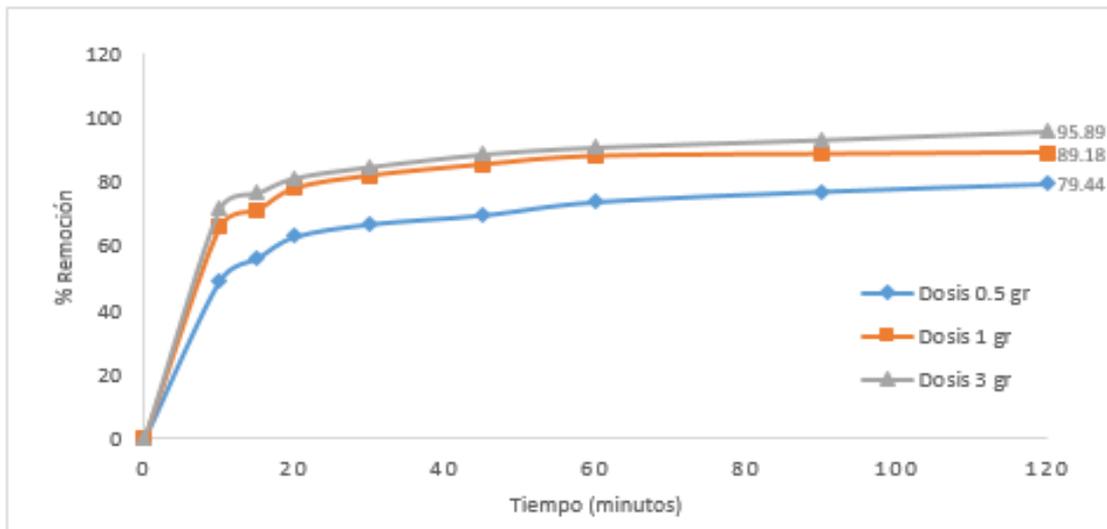


Figura 16: Porcentaje de remoción de Cd a diferentes dosis de CA

## Interpretación

En la Figura 16, se tiene como resultado que el mayor porcentaje de remoción se da con la dosis 3 gr, obteniendo el mayor porcentaje de remoción de 95.89 %, a diferencia de las otras dosis 0.5 gr y 1 gr que obtiene 79.44 % y 89.18 % respectivamente.

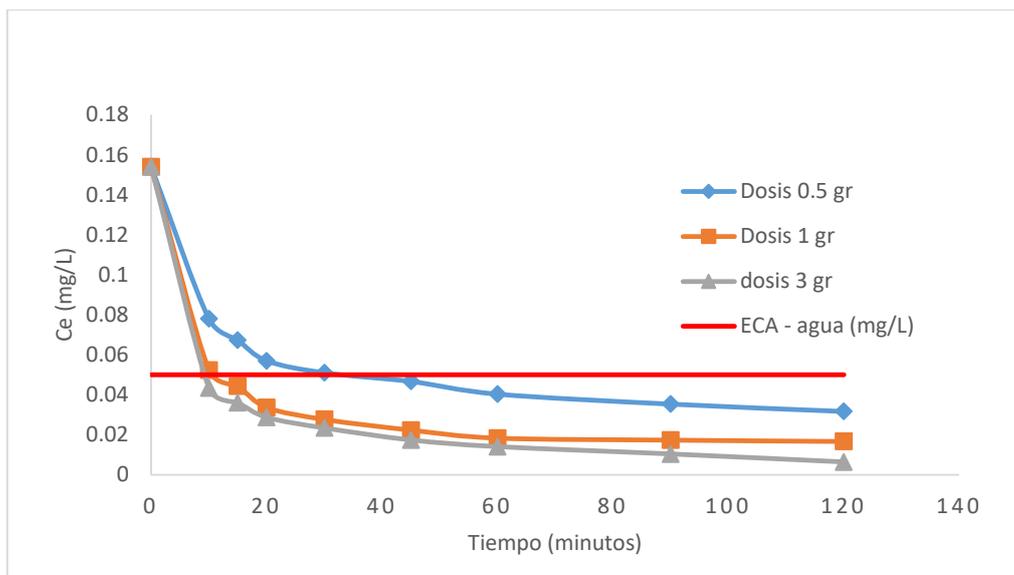


Figura 17: Curva de decaimiento de Cd a diferentes dosis de CA

### Interpretación

En la Figura 17, Se observa que la concentración va disminuyendo al transcurrir el tiempo, alcanzando el equilibrio sólido-líquido en el intervalo de tiempo de 60 a 90 minutos aproximadamente, lográndose remediar las aguas de la laguna Huascacocha reduciendo la concentración hasta valores inferiores al ECA – agua (categoría II) con la dosis 0.5, 1 gr y 3gr. Esto se observa gráficamente a medida que la tendencia en la concentración reducida se hace constante.

#### 3.2.1. Modelo primer orden para cadmio

Tabla N° 12: Parámetros cinéticos para el cadmio según el modelo primer orden.

Dosis CA	$K_1$ ( $\text{min}^{-1}$ )	$q_e$ (mg/g) (experimental)	$q_e$ (mg/g) (calculado)	$R^2$
0.5	0.0151	0.123	0.143	0.9662
1	0.0106	0.070	0.089	0.8853
3	0.0063	0.026	0.038	0.9541

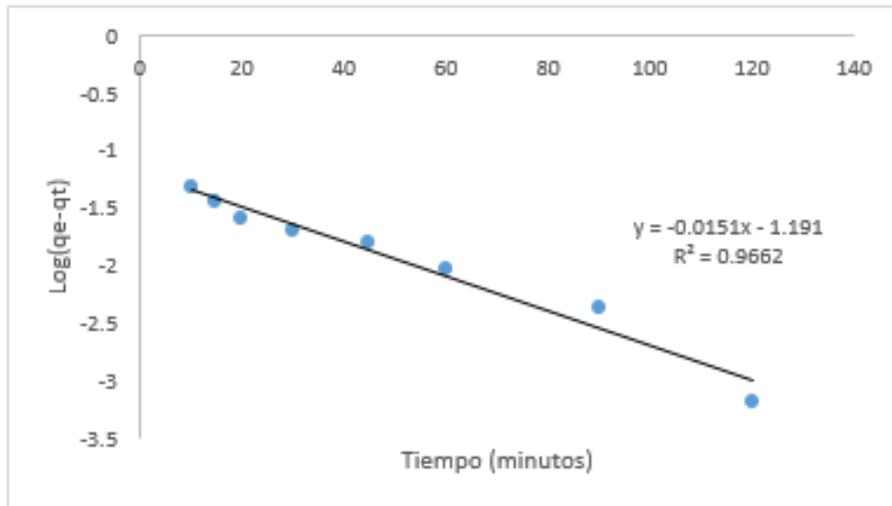


Figura 18: Modelo cinético de pseudo primer orden para la bioadsorción de Cd en 0.5 gr de CA.

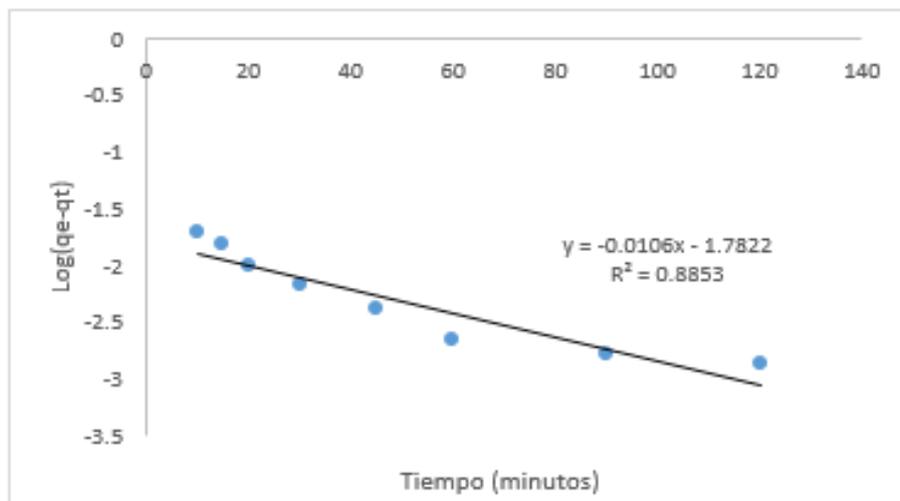


Figura 19: Modelo cinético de pseudo primer orden para la bioadsorción de Cd en 1 gr de CA.

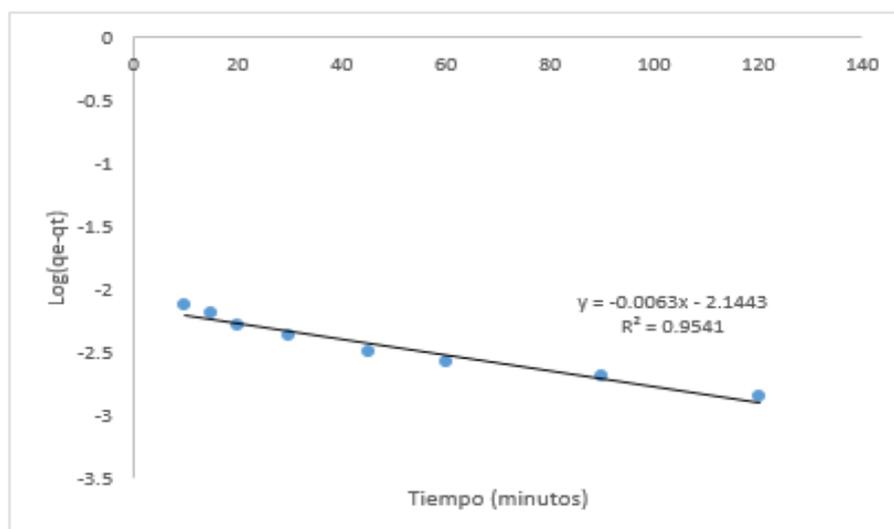


Figura 20: Modelo cinético de pseudo primer orden para la bioadsorción de Cd en 3 gr de CA.

### Interpretación

Se observó que los datos obtenidos para los 3 tipos de dosificación de CA (0.5 gr, 1 gr y 3 gr), no se ajustan al modelo de primer orden; como resultado del análisis además se presentan los valores de los parámetros cinéticos obtenidos para este modelo (Figura 18, 19 y 20), junto con su coeficiente de correlación se encuentran resumidos en las Tablas N° 12.

### 3.2.2. Modelo cinético pseudo segundo orden para cadmio

Tabla N° 13: Parámetros cinéticos para el cadmio según el modelo pseudo segundo orden.

Dosis CA	$K_2$ (g.mg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	h (mg.g <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	qe (mg/g) (experimental)	qe (mg/g) (calculado)	R <sup>2</sup>
0.5	1.0308	0.0187	0.123	0.129	0.9995
1	3.6894	0.0172	0.070	0.0711	0.9999
3	8.764	0.00561	0.026	0.0253	0.9997

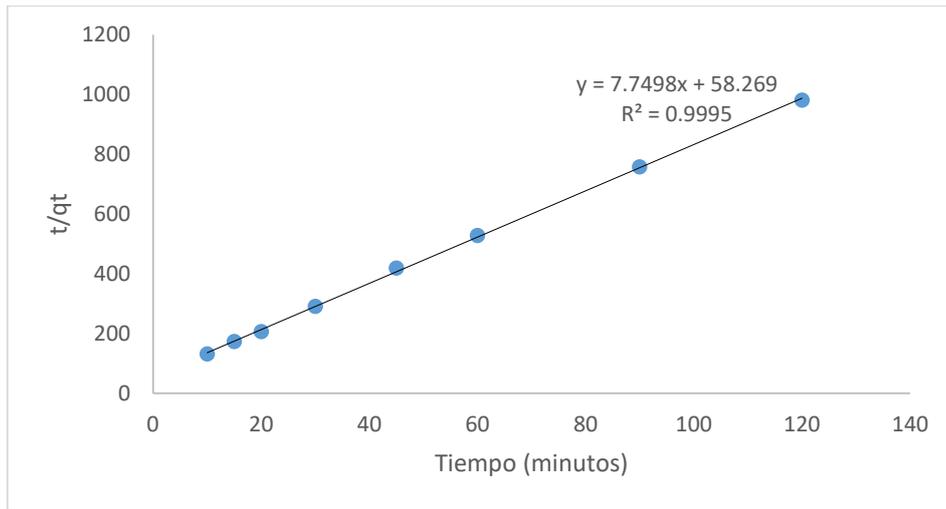


Figura 21: Modelo cinético de pseudo segundo orden para la bioadsorción de Cd en 0.5 gr de CA.

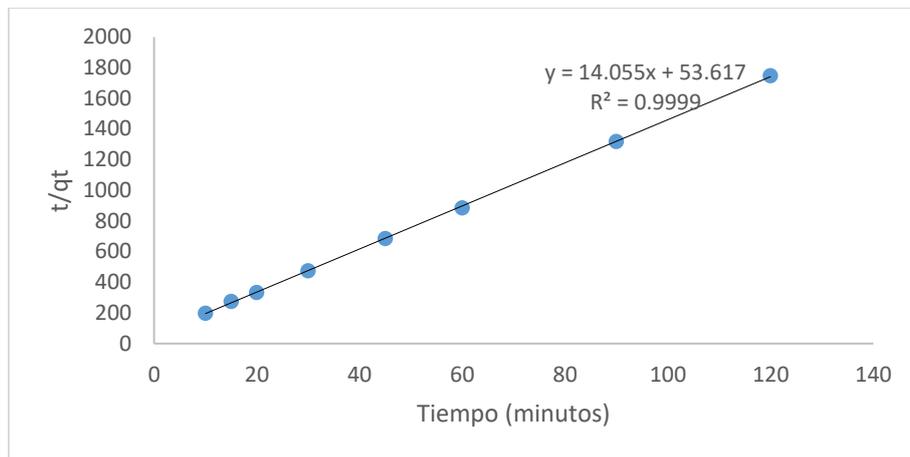


Figura 22: Modelo cinético de pseudo segundo orden para la bioadsorción de Cd en 1 gr de CA.

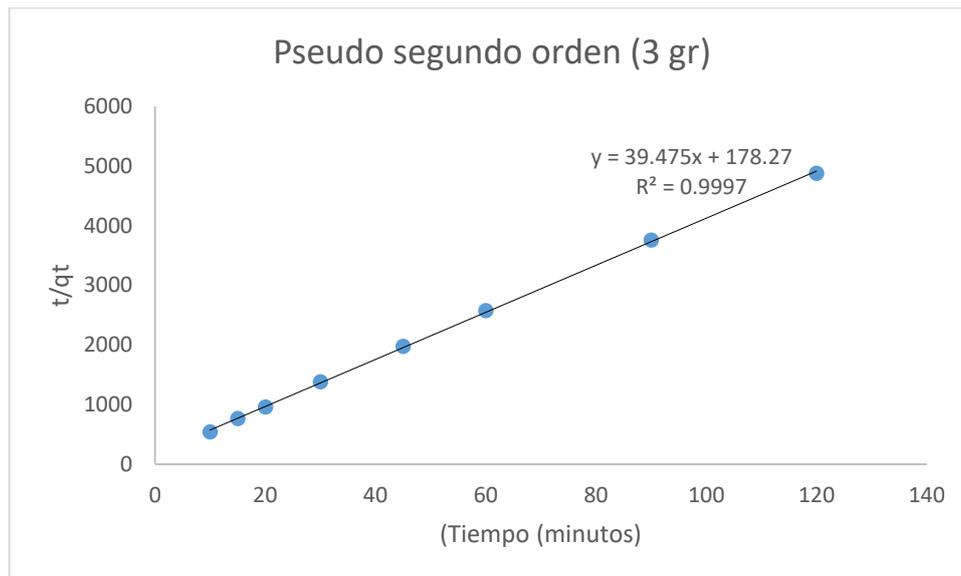


Figura 23: Modelo cinético de pseudo segundo orden para la bioadsorción de Cd en 3 gr de CA.

### Interpretación

En la Figura 21, 22 y 23, se tiene resultados para el CA en diferente dosis (0.5 gr, 1 gr y 3 gr), en donde se ajustan de forma adecuada al modelo cinético, Las condiciones del proceso para el CA proveniente de la cascarilla de arroz son presentados en la Tabla N° 13.

### 3.3. Análisis estadístico

#### 3.3.1. Influencia de la dosificación sobre la bioadsorción de plomo

##### a) Análisis de Varianza

Hipótesis

Ho: La dosis de CA proveniente de la cascarilla de arroz no influyen en la bioadsorción de plomo

H1: La dosis de CA proveniente de la cascarilla de arroz influye en la bioadsorción de plomo.

Tabla N° 14: Prueba de análisis de varianza de la dosis de CA en la bioadsorción plomo.

ANOVA					
Capacidad adsorción Pb					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,095	2	,048	489,932	,000
Dentro de grupos	,007	69	,000		
Total	,102	71			

### Interpretación

Sig. = 0.00 < 0.05, entonces se rechaza la  $H_0$ , por lo tanto la dosis de CA proveniente de la cascarilla de arroz influye en la bioadsorción de plomo (si hay efecto significativo de las dosis de CA sobre la bioadsorción de plomo).

### b) Prueba de Comparaciones.

Tabla N° 15: Resultados inferenciales en función a la dosis de CA

Capacidad adsorción Pb				
Tukey B <sup>a</sup>				
Dosis_CA	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Dosis 3 gr CA	24	,027408		
Dosis 1 gr CA	24		,071292	
Dosis 0.5 gr CA	24			,116458

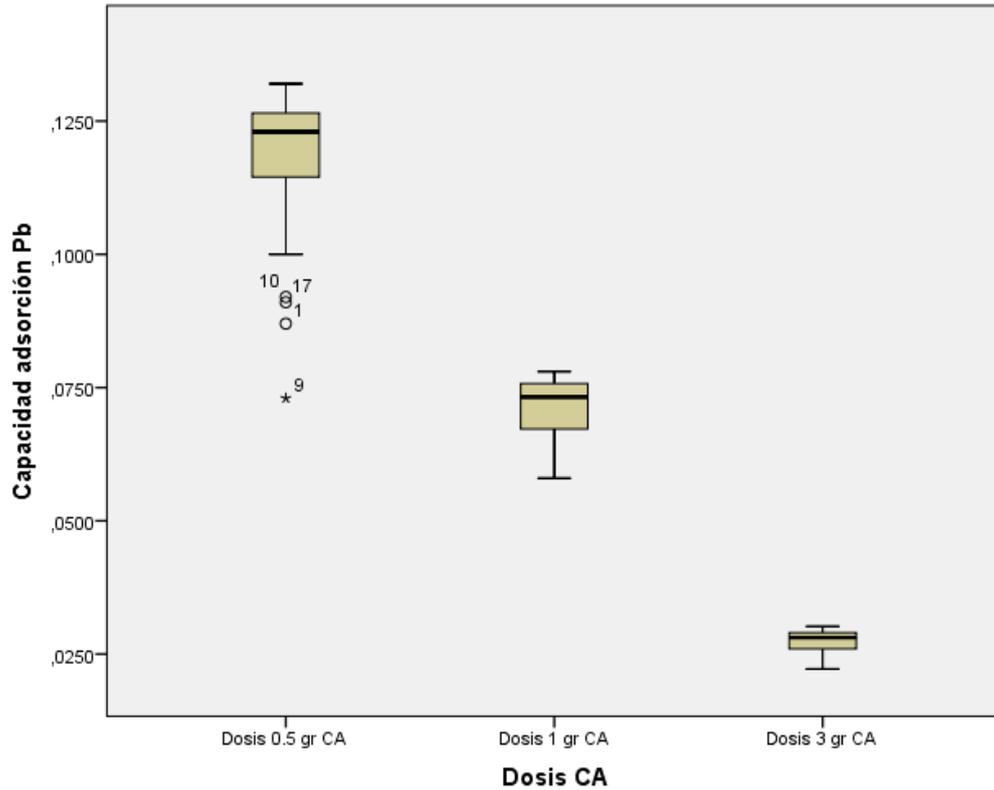


Figura 24: Prueba de comparaciones de dosis sobre la bioadsorción de Pb

### 3.3.2. Influencia del tiempo de contacto sobre la concentración de plomo

#### a) Análisis de varianza

Ho: El tiempo de contacto no influye en la bioadsorción de plomo

H1: El tiempo de contacto influirá en la bioadsorción de plomo

Tabla N° 16: Prueba de análisis de varianza del tiempo de contacto en la bioadsorción de plomo.

ANOVA					
Capacidad adsorción Pb					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,004	7	,001	,381	,910
Dentro de grupos	,098	64	,002		
Total	,102	71			

## Interpretación

Sig. = 0.910 > 0.05, entonces se rechaza la H1, por lo tanto el tiempo de contacto no influye en la bioadsorción de plomo

## b) Prueba de Comparaciones.

Tabla N° 17: Resultados inferenciales respecto al tiempo de contacto en la bioadsorción de plomo.

**Capacidad de bioadsorción de Pb**

Tukey B<sup>a</sup>

Tiempo de contacto	N	Subconjunto para alfa =
		0.05
		1
Tiempo 10 minutos	9	,055767
Tiempo 15 minutos	9	,063833
Tiempo 20 minutos	9	,071056
Tiempo 30 minutos	9	,073722
Tiempo 45 minutos	9	,075778
Tiempo 60 minutos	9	,077044
Tiempo 90 minutos	9	,077900
Tiempo 120 minutos	9	,078656

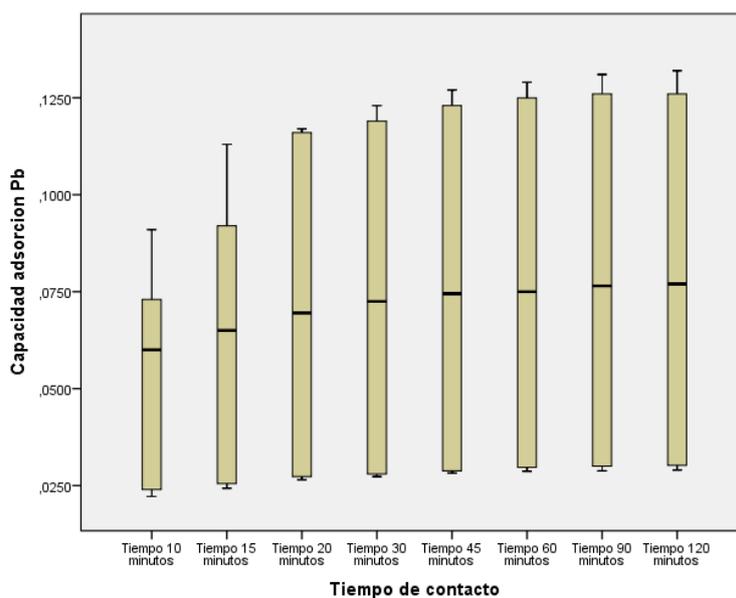


Figura 25: Prueba de comparaciones del tiempo de contacto sobre la bioadsorción de Pb.

### 3.3.3. Influencia de la dosificación sobre la concentración de cadmio

#### a) Análisis de Varianza

Hipótesis

Ho: La dosis de CA proveniente de la cascarilla de arroz no influyen en el proceso de bioadsorción de cadmio (no hay efecto significativo de las dosis de CA sobre la concentración de cadmio).

H1: La dosis de CA proveniente de la cascarilla de arroz influye en el proceso de bioadsorción de cadmio (si hay efecto significativo de las dosis de CA sobre la concentración de cadmio).

Nivel de significación:  $\alpha = 0.05$

Tabla N° 18: Prueba de análisis de varianza de la dosis de CA proveniente de la cascarilla de arroz en la bioadsorción de cadmio.

ANOVA					
Capacidad adsorción Cd					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,079	2	,040	404,173	,000
Dentro de grupos	,007	69	,000		
Total	,086	71			

#### Interpretación

Significancia= 0.00 < 0.05, se rechaza H0, por lo tanto la dosis de CA proveniente de la cascarilla de arroz influye en el proceso de bioadsorción de cadmio (si hay efecto significativo de las dosis de CA sobre la concentración de cadmio).

**b) Prueba de Comparaciones.**

Tabla N° 19: Prueba de análisis de varianza del tiempo de contacto en la bioadsorción de cadmio

**Capacidad adsorción Cd**

Tukey B<sup>a</sup>

Dosis CA	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Dosis 3 gr CA	24	,021938		
Dosis 1 gr CA	24		,062458	
Dosis 0.5 gr CA	24			,103083

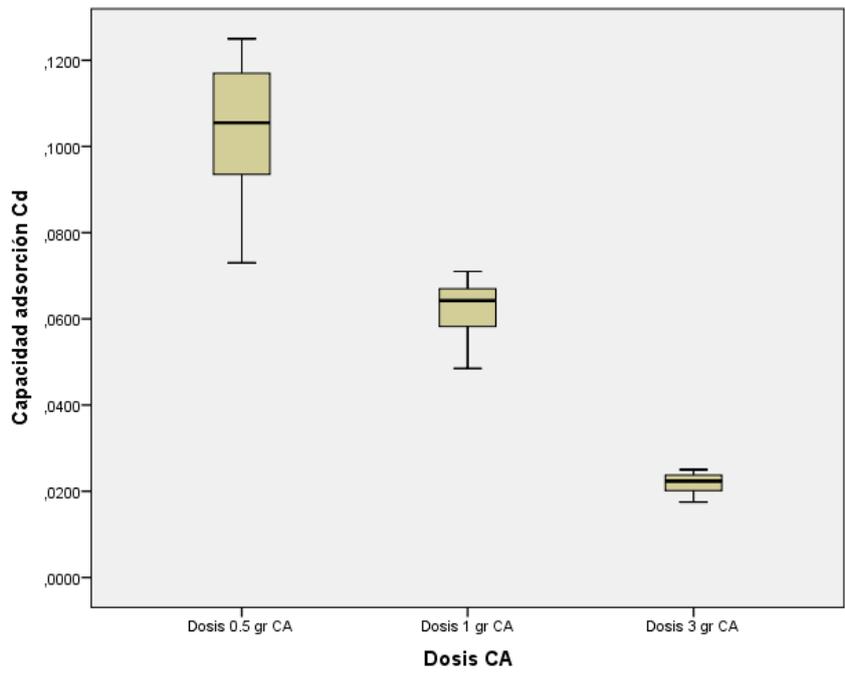


Figura 26: Prueba de comparaciones de la dosis sobre la bioadsorción de Cd

### 3.3.4. Influencia del tiempo de contacto sobre la concentración de cadmio

#### a) Análisis de Varianza

Hipótesis

Ho: El tiempo de contacto no influye en la bioadsorción de cadmio (no hay efecto significativo del tiempo de contacto sobre la bioadsorción de cadmio).

H1: El tiempo de contacto influirá en la bioadsorción de cadmio (si hay efecto significativo del tiempo de contacto sobre la bioadsorción de cadmio).

Nivel de significación:  $\alpha = 0.05$

Tabla N° 20: Prueba de análisis de varianza del tiempo de contacto en la bioadsorción de cadmio.

ANOVA					
Capacidad adsorción Cd					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	.004	7	.001	.480	.846
Dentro de grupos	.081	64	.001		
Total	.086	71			

#### Interpretación

Sig. = 0.846 > 0.05, entonces se rechaza la H1, por lo tanto el tiempo de contacto no influye en la bioadsorción de cadmio (no hay efecto significativo del tiempo de contacto sobre la bioadsorción de cadmio).

## b) Prueba de Comparaciones

Tabla N° 21: Resultados inferenciales respecto al tiempo de contacto en la bioadsorción de cadmio.

Capacidad de bioadsorción Cd

Tukey B<sup>a</sup>

Tiempo de contacto	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Tiempo 10 minutos	9	,048433
Tiempo 15 minutos	9	,053722
Tiempo 20 minutos	9	,059356
Tiempo 30 minutos	9	,062644
Tiempo 45 minutos	9	,065311
Tiempo 60 minutos	9	,068278
Tiempo 90 minutos	9	,070322
Tiempo 120 minutos	9	,071878

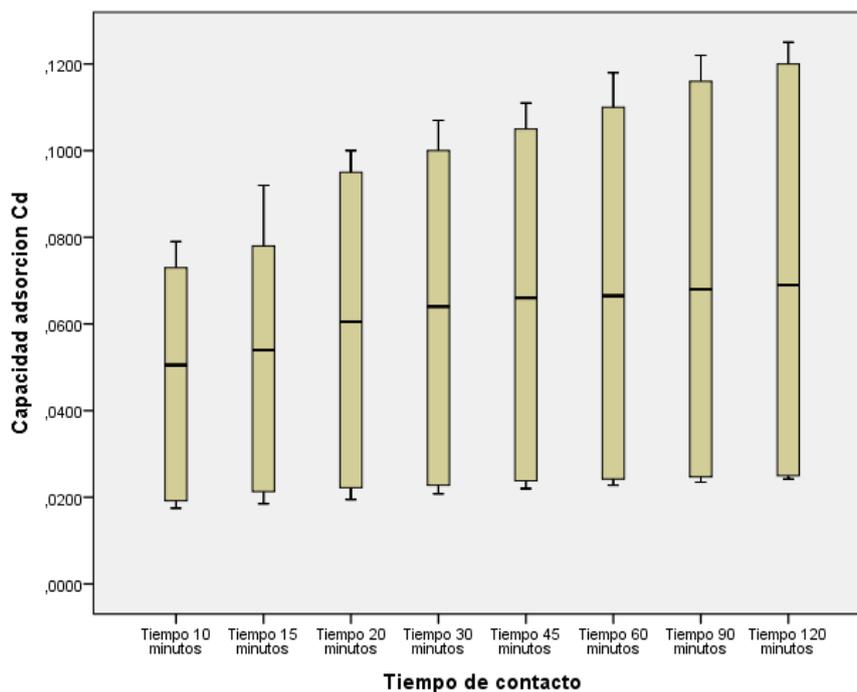


Figura 27: Prueba de comparaciones del tiempo de contacto sobre la concentración de Cd.

#### **IV. Discusión**

El objetivo de esta investigación es determinar si el carbón activado puede utilizarse como un bioadsorbente, después de realizar la aplicación del tratamiento se logró determinar que si es eficiente en la remoción de plomo y cadmio, aceptándose la hipótesis planteada en el presente trabajo.

Los ensayos fueron realizados en un pH de 6.5 – 7 debido a que no es recomendable variar el pH en un cuerpo de agua natural, como lo indica RAMIREZ (2016), que realizo su trabajo a un pH 7.5, sin embargo otras investigaciones han reportados mejores resultados a un pH 4 – 5

La eficiencia en la bioadsorción de plomo es 96.04% mientras que para el cadmio es de 95.89 %, con ello se confirma lo mencionado por MATAMOROS (2016), en donde indica haber obtenido una de adsorción de 90.5% para el plomo a diferencia del mercurio que es menor utilizando carbón activado, asimismo SANCHEZ (2016) utilizando cascara de cacao como bioadsorbente en la remoción de plomo y cadmio obteniendo resultados en el porcentaje de adsorción de 96.96 % y 92.08% respectivamente

Los resultados obtenidos y llevados al modelo cinético, indican que el modelo de Pseudo segundo orden es el modelo matemáticos que mejor se ajusta y describe la cinética de bioadsorción de plomo y cadmio a partir del uso del carbón activado proveniente de la cascarilla de arroz., estableciéndose que el proceso de adsorción está controlado por reacción química, como lo indica MATAMOROS (2016) que el modelo que mejor se ajuste para la adsorción de plomo y arsénico es el modelos matemático pseudo segundo orden

Los resultados respecto al tiempo de contacto influyeron sobre la bioadsorción de plomo y cadmio obteniéndose un punto de equilibrio de 30 minutos para ambos metales, como menciona MATAMOROS (2016), donde indica un tiempo de saturación para el plomo y arsénico fueron de 15 minutos que alcanza el tiempo de saturación, estos resultados se obtuvieron en una muestra de agua sintética a diferencia de este trabajo donde se utilizó agua de la laguna Huascacocha, asimismo el uso de la dosificación de 3 gr removió mayor cantidad

de metales concordando con lo dicho MATAMOROS (2016), indico que la dosificación que removi6 mayor cantidad de metales fue de 4gr, estableciendo que la dosificación es directamente proporcional a la remoci6n de metales pesados estos debido a que existe mayor 6rea superficial sobre el carb6n activado.

## V. Conclusiones

Se concluye que la bioadsorción de plomo y cadmio con carbón activado proveniente de la cascarilla de arroz, puede ser una alternativa para el tratamiento de las agua de la laguna Huascacocha, llegando a reducir de concentración de plomo hasta una concentración de 0.030 mg/L con la aplicación de 3 gr de carbón activado y la remoción de cadmio es hasta 0.025 mg/L con la aplicación de 3 gr de carbón activado, representando una reducción de 96.04% y 95.89% respectivamente con respecto a su concentración inicial, para ambos el proceso de adsorción sigue una cinética de pseudo segundo orden para ambos metales, es decir, nos indica que la bioadsorción se está realizando mediante la adsorción química.

El tiempo de contacto influye en la bioadsorción de plomo y cadmio, ya que se evidencio que la mayor remoción se da entre los 10 – 30 minutos para ambos metales y la variación de la capacidad de adsorción en cada tiempo es significativa.

La dosis si influye en la bioadsorción de plomo y cadmio esto debido a que al aplicar 3 gr de carbón activado se obtuvo una mayor eficiencia en la bioadsorción de plomo y cadmio a diferencia de las otras dosis de 0.5 gr y 1 gr donde hubo remoción de estos metales pero en menor cantidad.

## **VI. Recomendaciones**

Realizar estudio de desorción de plomo y cadmio a fin de poder establecer la recuperación de ambo metales y darles otro tipo de usos que no perjudique al medio ambiente, además para estudios posteriores se recomienda trabajar sobre el efecto de pH en el proceso de bioadsorción, ya que dicha condición influye en el tratamiento.

También se recomienda realizar una caracterización de carbón activado y poder determinar la composición química y poder determinar si tienen afinidad para la remoción de otros metales que puedan contaminar el medio ambiente.

## VII. Referencias bibliográficas

- BARRETO Carmen, Obtención de carbón activado a partir de la pepa de aceituna para la adsorción de metales pesados en efluentes líquidos. Tesis de titulación (Ingeniería Ambiental y de recursos naturales). Universidad Nacional del Callao. Callao – Perú. 2013. p. 57.
- BUSTAMANTE Elena. Adsorción de Metales (Pb) y (Cu) en residuos de café modificados químicamente. Tesis (Magister en Ciencias). México: Universidad Autónoma de Nuevo León, Ciencias Químicas. 2011. 74 p.
- CÁRDENAS Susan y ORTEGA Julio. Modelamiento y simulación de una columna de adsorción de lecho fijo para la remoción de Cr (VI) de soluciones acuosas utilizando aserrín como adsorbente. Tesis de titulación (Ingeniería Química). Arequipa – Perú. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. 2015. p. 213.
- CORTES Jennifer. Propuesta de un sistema de biofiltración de cromo hexavalente en agua, utilizando olote de maíz. Tesis de licenciado (Ciencias Ambientales). México. Universidad Autónoma de Estado de México. Planeación Urbana y Regional. 2015. 112 p.
- DORIA Gloria, HOMAZA Anaguano, GALLEGO Darío. Cascarrilla de arroz: material alternativo y de bajo costo para el tratamiento de aguas contaminadas con cromo (VI). Gestión y Ambiente Colombia. 2010. 14(1). pp. 73-84 ISSN: 0124.177.
- DRISS Saloua, Aprovechamiento de hueso de aceituna en la biosorción de iones de metales. Tesis Doctoral (Ingeniería Química). España. Universidad de Granada. Ingeniería Química. 2010. 251p.
- GARÉS Luz, COAVAS Susana. Evaluación de la capacidad de adsorción en la cascara de naranja (*Citrus Sinensis*) modificado con quitosano para la remoción de Cr (VI) en aguas residuales. Tesis de titulación (Ingeniería Química). Cartagena – Colombia. Universidad de Cartagena. Ingeniería Química. 2012. 129 p.

- HERNANDEZ Carol y TRIVIÑO Lura, Evaluación de la capacidad de bioadsorción de plomo (II) y cadmio (II) presentes en soluciones sintéticas independientes empleando retamo espino (*Ulex europaeus*) como adsorbente. Tesis de titulación (Ingeniero Ambiental). Bogotá. Universidad Francisco José de Caldas. 2016. p. 179.
- LARA José, TEJADA Candelaria, VILLABONA Ángel, ARRIETA Alfonso. Adsorción de plomo y cadmio en sistema continuo de lecho fijo sobre residuos de cacao. Ion. Cartagena – Colombia. 2016. 29(2). pp. 112 – 122.
- MATAMOROS Miguel. Cinética de biosorción de plomo y arsénico en carbón activado proveniente de la cascarilla de arroz. Tesis (Titulo en Ingeniería Quima). Ecuador: Universidad Técnica de Machala, Ciencias Químicas y Salud. 2016. 47p.
- PIZÓN Martha, VERA Luz. Modelamiento de la cinética de bioadsorción de Cr (III) usando cascara de naranja. Dyna. Medellín – Colombia. 2009. pp. 95 - 106. ISSN: 0012-7353.
- RAMIREZ, Michael. Bioadsorción de cobre, cadmio y manganeso con cascara de naranja de las aguas de la laguna Colquicocha. Tesis de titulación (Ingeniería ambiental y de recursos naturales). Callao, Perú: Universidad Nacional del Callao, Ingeniería ambiental y de recursos naturales. 2016. 130 p.
- RODRIGUEZ Yansy, SALINAS Lisbeth, RIOS Carlos, VARGAS Luz. Absorbentes a base de cascarilla de arroz en la retención de cromo de efluentes de la industria de curtiembres. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. Enero – Junio 2012. 10(1). pp. 146-156.
- SANCHEZ Nervo. Biosorción en tanque agitado de  $Cd^{+2}$  y  $Pb^{+2}$  con cascara de cacao. Tesis de titulación (Ingeniería Ambiental). Cuenca – Ecuador: Universidad de Cuenca. Ciencias Químicas. 2016. 116p.
- SANGAY Sheena. Obtención y evaluación de carbón activado del endocarpo de castaña (*Bertholletia excelsa*) procedente de plantación y de bosque natural, empleando un método químico. Tesis de titulación (Ingeniero

Forestal). Lima – Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 2010. p. 77.

VERA Vanessa, MOROCHO Diego. Evaluación de adsorción de plomo y mercurio en carbón activado proveniente de la cascarilla de arroz. Tesis de titulación (Ingeniería Química). Machala – Ecuador. Universidad Técnica de Machala, Ciencias Químicas y Salud. 2015. 53p.

VERDUGO José. Bioadsorción de iones de plomo y cromo procedentes de aguas residuales utilizando la cáscara de la mandarina (*Citrus reticulata* var. *clementina*). Tesis de titulación (Ingeniería Ambiental). Cuenca – Ecuador. Universidad Politécnica Salesiana – Sede Cuenca. Ingeniería Ambiental. 2017. 115p.

TORNE Vanessa. Preparación, caracterización y aplicaciones de carbón activados preparados a partir de Lignina Kraft. Tesis doctoral (Ingeniería Química). Tarragona – España. Universitat Rovira i Virgili. p. 68.

FIERRO V, TORNÉ V, CELZARD A. Kraft lignin as a precursor for microporous activated carbons prepared by impregnation with ortho-phosphoric acid: Synthesis and textural characterisation. *Microporous and Mesoporous Materials*. Tarragona – España. 2006. p. 243–250.

DIAZ M. et al. Porous texture of activated carbons prepared by phosphoric acid activation of woods. *Applied surface science*. Applied surface science. Badajoz – España. 2004. 238(3). p. 309-313.

ZAMORA Giuliana. Obtención de carbón activado a partir de semillas, de dos palmeras de la Amazonía Peruana, Shapaja (*Atta/ea phalerta*) y Aguaje (*Mauritia flexuosa*). Tesis de título (Ingeniero Forestal). Lima – Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. p. 88.

OBREGON Daniel. Estudio comparativo de la capacidad de adsorción de cadmio utilizando carbones activados preparados a partir de semillas de aguaje y de aceituna. Tesis de título (Ingeniero químico). Lima – Perú. Pontificia Universidad Católica del Perú. 2012. p. 109.

ANGELES Luis. Adsorción de cadmio y plomo en efluentes acuosos mediante borra de café peruano. Tesis de Magister (Ingeniero químico). Lima – Perú. Pontificia Universidad Católica del Perú. 2009. p. 92.

MARTIN Ángeles. Caracterización y aplicación de biomasa residual a la eliminación de metales pesados. Tesis Doctoral (Ingeniero químico). Universidad de granada

GONZALES H, TERUYA R. Estudio de proceso de carbón activado: obtención por método químico. Lima – Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 2004. p. 57.

## Anexos

### Anexo N° 1: Recolección de datos de para plomo con dosis 0.5 gr de CA.

Muestras	Co (mg/L)	V (L)	Tiempo (min)	Ce (mg/L)	qt (mg/g)	% R
P1-D0.5-1	0.185	0.5	10	0.098	0.087	47.03
P1-D0.5-2	0.185	0.5	15	0.072	0.113	61.08
P1-D0.5-3	0.185	0.5	20	0.069	0.116	62.70
P1-D0.5-4	0.185	0.5	30	0.062	0.123	66.49
P1-D0.5-5	0.185	0.5	45	0.058	0.127	68.65
P1-D0.5-6	0.185	0.5	60	0.056	0.129	69.73
P1-D0.5-7	0.185	0.5	90	0.054	0.131	70.81
P1-D0.5-8	0.185	0.5	120	0.053	0.132	71.35

Muestras	Co (mg/L)	V (L)	Tiempo (min)	Ce (mg/L)	qt (mg/g)	% R
P2-D0.5-1	0.185	0.5	10	0.112	0.073	39.46
P2-D0.5-2	0.185	0.5	15	0.093	0.092	49.73
P2-D0.5-3	0.185	0.5	20	0.068	0.117	63.24
P2-D0.5-4	0.185	0.5	30	0.066	0.119	64.32
P2-D0.5-5	0.185	0.5	45	0.062	0.123	66.49
P2-D0.5-6	0.185	0.5	60	0.059	0.126	68.11
P2-D0.5-7	0.185	0.5	90	0.057	0.128	69.19
P2-D0.5-8	0.185	0.5	120	0.055	0.130	70.27

Muestras	Co (mg/L)	V (L)	Tiempo (min)	Ce (mg/L)	qt (mg/g)	% R
P3-D0.5-1	0.185	0.5	10	0.094	0.091	49.19
P3-D0.5-2	0.185	0.5	15	0.085	0.1	54.05
P3-D0.5-3	0.185	0.5	20	0.068	0.117	63.24
P3-D0.5-4	0.185	0.5	30	0.064	0.121	65.41
P3-D0.5-5	0.185	0.5	45	0.062	0.123	66.49
P3-D0.5-6	0.185	0.5	60	0.060	0.125	67.57
P3-D0.5-7	0.185	0.5	90	0.059	0.126	68.11
P3-D0.5-8	0.185	0.5	120	0.059	0.126	68.11

Fuente: Elaboración propia

kkh

**Anexo N° 2: Recolección de datos de para plomo con dosis 1 gr de CA.**

<b>Muestras</b>	<b>Co (mg/L)</b>	<b>V (L)</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Ce (mg/L)</b>	<b>qt (mg/g)</b>	<b>% R</b>
P1-D1-1	0.185	0.5	10	0.065	0.12	64.86
P1-D1-2	0.185	0.5	15	0.053	0.132	71.35
P1-D1-3	0.185	0.5	20	0.048	0.137	74.05
P1-D1-4	0.185	0.5	30	0.041	0.144	77.84
P1-D1-5	0.185	0.5	45	0.036	0.149	80.54
P1-D1-6	0.185	0.5	60	0.035	0.15	81.08
P1-D1-7	0.185	0.5	90	0.032	0.153	82.70
P1-D1-8	0.185	0.5	120	0.031	0.154	83.24

<b>Muestras</b>	<b>Co (mg/L)</b>	<b>V (L)</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Ce (mg/L)</b>	<b>qt (mg/g)</b>	<b>% R</b>
P2-D1-1	0.185	0.5	10	0.058	0.127	68.65
P2-D1-2	0.185	0.5	15	0.055	0.13	70.27
P2-D1-3	0.185	0.5	20	0.046	0.139	75.14
P2-D1-4	0.185	0.5	30	0.039	0.146	78.92
P2-D1-5	0.185	0.5	45	0.034	0.151	81.62
P2-D1-6	0.185	0.5	60	0.032	0.153	82.70
P2-D1-7	0.185	0.5	90	0.031	0.154	83.24
P2-D1-8	0.185	0.5	120	0.029	0.156	84.32

<b>Muestras</b>	<b>Co (mg/L)</b>	<b>V (L)</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Ce (mg/L)</b>	<b>qt (mg/g)</b>	<b>% R</b>
P3-D1-1	0.185	0.5	10	0.069	0.116	62.70
P3-D1-2	0.185	0.5	15	0.057	0.128	69.19
P3-D1-3	0.185	0.5	20	0.044	0.141	76.22
P3-D1-4	0.185	0.5	30	0.040	0.145	78.38
P3-D1-5	0.185	0.5	45	0.038	0.147	79.46
P3-D1-6	0.185	0.5	60	0.036	0.149	80.54
P3-D1-7	0.185	0.5	90	0.036	0.149	80.54
P3-D1-8	0.185	0.5	120	0.033	0.152	82.16

Fuente: Elaboración propia

**Anexo N° 3: Recolección de datos de para plomo con dosis 3 gr de CA.**

Muestras	Co (mg/L)	V (L)	Tiempo (min)	Ce (mg/L)	qt (mg/g)	% R
P1-D3-1	0.185	0.5	10	0.046	0.139	75.14
P1-D3-2	0.185	0.5	15	0.037	0.148	80.00
P1-D3-3	0.185	0.5	20	0.022	0.163	88.11
P1-D3-4	0.185	0.5	30	0.019	0.166	89.73
P1-D3-5	0.185	0.5	45	0.014	0.171	92.43
P1-D3-6	0.185	0.5	60	0.013	0.172	92.97
P1-D3-7	0.185	0.5	90	0.012	0.173	93.51
P1-D3-8	0.185	0.5	120	0.011	0.174	94.05

Muestras	Co (mg/L)	V (L)	Tiempo (min)	Ce (mg/L)	qt (mg/g)	% R
P2-D3-1	0.185	0.5	10	0.052	0.133	71.89
P2-D3-2	0.185	0.5	15	0.039	0.146	78.92
P2-D3-3	0.185	0.5	20	0.026	0.159	85.95
P2-D3-4	0.185	0.5	30	0.021	0.164	88.65
P2-D3-5	0.185	0.5	45	0.016	0.169	91.35
P2-D3-6	0.185	0.5	60	0.011	0.174	94.05
P2-D3-7	0.185	0.5	90	0.009	0.176	95.14
P2-D3-8	0.185	0.5	120	0.007	0.178	96.22

Muestras	Co (mg/L)	V (L)	Tiempo (min)	Ce (mg/L)	qt (mg/g)	% R
P3-D3-1	0.185	0.5	10	0.041	0.144	77.84
P3-D3-2	0.185	0.5	15	0.032	0.153	82.70
P3-D3-3	0.185	0.5	20	0.021	0.164	88.65
P3-D3-4	0.185	0.5	30	0.017	0.168	90.81
P3-D3-5	0.185	0.5	45	0.012	0.173	93.51
P3-D3-6	0.185	0.5	60	0.007	0.178	96.22
P3-D3-7	0.185	0.5	90	0.005	0.180	97.30
P3-D3-8	0.185	0.5	120	0.004	0.181	97.84

Fuente: Elaboración propia

**Anexo N° 4: Recolección de datos de para cadmio con dosis 0.5 gr de CA.**

<b>Muestras</b>	<b>Co (mg/L)</b>	<b>V (L)</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Ce (mg/L)</b>	<b>qt (mg/g)</b>	<b>% R</b>
P1-D0.5-1	0.154	0.5	10	0.078	0.076	49.35
P1-D0.5-2	0.154	0.5	15	0.064	0.09	58.44
P1-D0.5-3	0.154	0.5	20	0.059	0.095	61.69
P1-D0.5-4	0.154	0.5	30	0.052	0.102	66.23
P1-D0.5-5	0.154	0.5	45	0.049	0.105	68.18
P1-D0.5-6	0.154	0.5	60	0.044	0.110	71.43
P1-D0.5-7	0.154	0.5	90	0.038	0.116	75.32
P1-D0.5-8	0.154	0.5	120	0.034	0.120	77.92

<b>Muestras</b>	<b>Co (mg/L)</b>	<b>V (L)</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Ce (mg/L)</b>	<b>qt (mg/g)</b>	<b>% R</b>
P2-D0.5-1	0.154	0.5	10	0.081	0.073	47.40
P2-D0.5-2	0.154	0.5	15	0.076	0.078	50.65
P2-D0.5-3	0.154	0.5	20	0.058	0.096	62.34
P2-D0.5-4	0.154	0.5	30	0.054	0.100	64.94
P2-D0.5-5	0.154	0.5	45	0.048	0.106	68.83
P2-D0.5-6	0.154	0.5	60	0.041	0.113	73.38
P2-D0.5-7	0.154	0.5	90	0.036	0.118	76.62
P2-D0.5-8	0.154	0.5	120	0.032	0.122	79.22

<b>Muestras</b>	<b>Co (mg/L)</b>	<b>V (L)</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Ce (mg/L)</b>	<b>qt (mg/g)</b>	<b>% R</b>
P3-D0.5-1	0.154	0.5	10	0.075	0.079	51.30
P3-D0.5-2	0.154	0.5	15	0.062	0.092	59.74
P3-D0.5-3	0.154	0.5	20	0.054	0.100	64.94
P3-D0.5-4	0.154	0.5	30	0.047	0.107	69.48
P3-D0.5-5	0.154	0.5	45	0.043	0.111	72.08
P3-D0.5-6	0.154	0.5	60	0.036	0.118	76.62
P3-D0.5-7	0.154	0.5	90	0.032	0.122	79.22
P3-D0.5-8	0.154	0.5	120	0.029	0.125	81.17

Fuente: Elaboración propia

**Anexo N° 5: Recolección de datos de para cadmio con dosis 1 gr de CA.**

<b>Muestras</b>	<b>Co (mg/L)</b>	<b>V (L)</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Ce (mg/L)</b>	<b>qt (mg/g)</b>	<b>% R</b>
P1-D1-1	0.154	0.5	10	0.057	0.097	62.99
P1-D1-2	0.154	0.5	15	0.049	0.105	68.18
P1-D1-3	0.154	0.5	20	0.037	0.117	75.97
P1-D1-4	0.154	0.5	30	0.032	0.122	79.22
P1-D1-5	0.154	0.5	45	0.026	0.128	83.12
P1-D1-6	0.154	0.5	60	0.021	0.133	86.36
P1-D1-7	0.154	0.5	90	0.018	0.136	88.31
P1-D1-8	0.154	0.5	120	0.016	0.138	89.61

<b>Muestras</b>	<b>Co (mg/L)</b>	<b>V (L)</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Ce (mg/L)</b>	<b>qt (mg/g)</b>	<b>% R</b>
P2-D1-1	0.154	0.5	10	0.047	0.107	69.48
P2-D1-2	0.154	0.5	15	0.038	0.116	75.32
P2-D1-3	0.154	0.5	20	0.031	0.123	79.87
P2-D1-4	0.154	0.5	30	0.026	0.128	83.12
P2-D1-5	0.154	0.5	45	0.022	0.132	85.71
P2-D1-6	0.154	0.5	60	0.022	0.132	85.71
P2-D1-7	0.154	0.5	90	0.022	0.132	85.71
P2-D1-8	0.154	0.5	120	0.022	0.132	85.71

<b>Muestras</b>	<b>Co (mg/L)</b>	<b>V (L)</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Ce (mg/L)</b>	<b>qt (mg/g)</b>	<b>% R</b>
P3-D0.5-1	0.154	0.5	10	0.053	0.101	65.58
P3-D0.5-2	0.154	0.5	15	0.046	0.108	70.13
P3-D0.5-3	0.154	0.5	20	0.033	0.121	78.57
P3-D0.5-4	0.154	0.5	30	0.025	0.129	83.77
P3-D0.5-5	0.154	0.5	45	0.019	0.135	87.66
P3-D0.5-6	0.154	0.5	60	0.012	0.142	92.21
P3-D0.5-7	0.154	0.5	90	0.012	0.142	92.21
P3-D0.5-8	0.154	0.5	120	0.012	0.142	92.21

Fuente: Elaboración propia

**Anexo N° 6: Recolección de datos de para cadmio con dosis 3 gr de CA.**

Muestras	Co (mg/L)	V (L)	Tiempo (min)	Ce (mg/L)	qt (mg/g)	% R
P1-D3-1	0.154	0.5	10	0.042	0.112	72.73
P1-D3-2	0.154	0.5	15	0.039	0.115	74.68
P1-D3-3	0.154	0.5	20	0.028	0.126	81.82
P1-D3-4	0.154	0.5	30	0.024	0.13	84.42
P1-D3-5	0.154	0.5	45	0.019	0.135	87.66
P1-D3-6	0.154	0.5	60	0.016	0.138	89.61
P1-D3-7	0.154	0.5	90	0.012	0.142	92.21
P1-D3-8	0.154	0.5	120	0.009	0.145	94.16

Muestras	Co (mg/L)	V (L)	Tiempo (min)	Ce (mg/L)	qt (mg/g)	% R
P2-D3-1	0.154	0.5	10	0.039	0.115	74.68
P2-D3-2	0.154	0.5	15	0.026	0.128	83.12
P2-D3-3	0.154	0.5	20	0.021	0.133	86.36
P2-D3-4	0.154	0.5	30	0.017	0.137	88.96
P2-D3-5	0.154	0.5	45	0.011	0.143	92.86
P2-D3-6	0.154	0.5	60	0.009	0.145	94.16
P2-D3-7	0.154	0.5	90	0.006	0.148	96.10
P2-D3-8	0.154	0.5	120	0.004	0.15	97.40

Muestras	Co (mg/L)	V (L)	Tiempo (min)	Ce (mg/L)	qt (mg/g)	% R
P3-D3-1	0.154	0.5	10	0.049	0.105	68.18
P3-D3-2	0.154	0.5	15	0.043	0.111	72.08
P3-D3-3	0.154	0.5	20	0.037	0.117	75.97
P3-D3-4	0.154	0.5	30	0.029	0.125	81.17
P3-D3-5	0.154	0.5	45	0.022	0.132	85.71
P3-D3-6	0.154	0.5	60	0.017	0.137	88.96
P3-D3-7	0.154	0.5	90	0.013	0.141	91.56
P3-D3-8	0.154	0.5	120	0.006	0.148	96.10

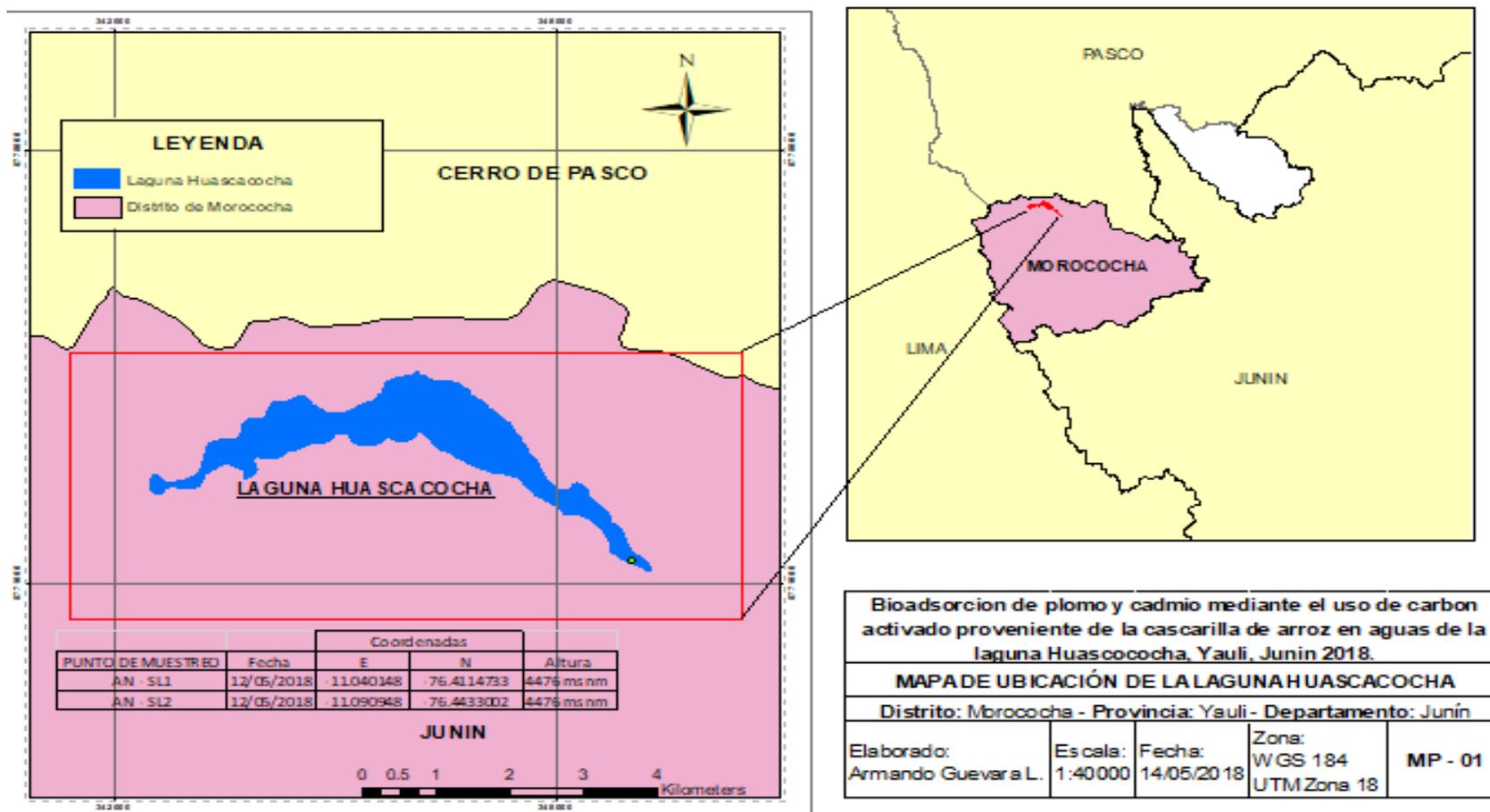
Fuente: Elaboración propia

### Anexo N° 7: Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<b>GENERAL</b> ¿Cuál es la eficiencia en la bioadsorción de plomo y cadmio usando carbón activado proveniente de la cascarilla de arroz en agua de la Huascacocha, Yauli, Junín – 2018?	Evaluar la eficiencia de la bioadsorción de plomo y cadmio con carbón activado proveniente de la cascarilla de arroz en agua de la Huascacocha, Yauli, Junín – 2018.	La bioadsorción de plomo y cadmio con carbón activado proveniente de la cascarilla de arroz es favorable para remediar las aguas de la laguna Huascacocha, 2018	<b>INDEPENDIENTE</b> Carbón activado proveniente de la cascarilla de arroz.	Es un material sólido preparado artificialmente, que se caracteriza por una estructura porosa bien desarrollada, lo que le confiere una elevada superficie específica y capacidad de adsorción. (MANJARRES, 2007, p. 15)	El uso del carbón activado proveniente de la cascarilla de arroz será determinado en la dosificación (gr) al aplicarse al cuerpo de agua contaminada durante determinados periodos de tiempo.	Dosificación	0.5 gr 1gr 3 gr	gr
						Tiempo de contacto	10 minutos 15 minutos 20 minutos 30 minutos 45 minutos 60 minutos 90 minutos 120 minutos	min
<b>ESPECIFICAS</b> ¿Cuál es la influencia del tiempo de contacto en la bioadsorción de plomo y cadmio presentes en agua de la Huascacocha, Yauli, Junín – 2018?	Determinar la influencia del tiempo de contacto en la bioadsorción de plomo y cadmio presentes en agua de la Huascacocha, Yauli, Junín – 2018.	El tiempo de contacto influirá en el proceso de bioadsorción de plomo y cadmio presentes en agua de la laguna Huascacocha, Yauli, Junín – 2018.	<b>DEPENDIENTE</b> Bioadsorción de plomo y cadmio en el agua.	La bioadsorción es un proceso de adsorción que consiste en la captación de diversas especies químicas por una biomasa, a través de mecanismos fisicoquímicos como la adsorción o el intercambio iónico. (PIZÓN Y VERA, 2009, p. 96).	El análisis de plomo y cadmio se determinó mediante el análisis de muestras de agua antes y después del tratamiento a las muestras de aguas contaminadas se le agregan la dosis adecuada de biosorbente en cada muestra por un tiempo determinado.	Bioadsorción de plomo	Concentración inicial	mg/L
							Concentración final	mg/L
							Remoción de plomo	%
							Capacidad de Adsorción	mg/g
¿Cuál es la influencia de la dosificación de carbón activado proveniente de la cascarilla de arroz en la bioadsorción de plomo y cadmio presentes en agua de la laguna Huascacocha, Yauli, Junín – 2018?	Determinar la influencia de la dosificación de carbón activado proveniente de la cascarilla de arroz en la bioadsorción de plomo y cadmio presentes en agua de la laguna Huascacocha, Yauli, Junín – 2018.	La dosificación de carbón activado proveniente de la cascarilla de arroz influirá en la bioadsorción de plomo y cadmio presentes en agua de la laguna Huascacocha, Yauli, Junín – 2018.	<b>DEPENDIENTE</b> Bioadsorción de plomo y cadmio en el agua.	La bioadsorción es un proceso de adsorción que consiste en la captación de diversas especies químicas por una biomasa, a través de mecanismos fisicoquímicos como la adsorción o el intercambio iónico. (PIZÓN Y VERA, 2009, p. 96).	El análisis de plomo y cadmio se determinó mediante el análisis de muestras de agua antes y después del tratamiento a las muestras de aguas contaminadas se le agregan la dosis adecuada de biosorbente en cada muestra por un tiempo determinado.	Bioadsorción de cadmio	Concentración inicial	mg/L
							Concentración final	mg/L
							Remoción de cadmio	%
							Capacidad de Adsorción	mg/g

Fuente: Elaboración propia

### Anexo N° 8: Mapa de Ubicación de la laguna Huascococha



Fuente: Elaboración propia

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: *Cermeno Castromonte, Cecilia*  
 1.2. Cargo e institución donde labora: *Asesora de Investigación - UCV*  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: *Formato 1*  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Guevara López, Armando.

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

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. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.								X					
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	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 una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :**

85.5

Lima, 06 Noviembre del 2017  
 CECILIA LIBIA  
 CERMENO CASTROMONTE  
 INGENIERA AGRÓNOMA  
 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No..... Telf.:.....

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: *Leodoro Vana Estefany*  
 1.2. Cargo e institución donde labora: *Docente - UCV*  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: *Formato 7*  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Guevara López, Armando.

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

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. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	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 una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.									X				
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

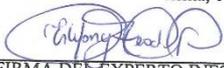
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :**

86
----

Lima, 06 Noviembre del 2017

  
**FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE**  
 CIP: 141142

DNI No... 4221781... Telf.: 982911628

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: *Fallo Mendivil Verónica*  
 1.2. Cargo e institución donde labora: *Directora de la Escuela Ingeniería Ambiental-ccv*  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: *Formato 1*  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Guevara López, Armando.

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

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. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	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 una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :**

87.5

Lima, 06 Noviembre del 2017

  
 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

*CIP: 98633*

DNI No. *02.544.153* Telf.:.....

**Formato 1: Recolección de datos para determinación de la eficiencia de remoción de Plomo y Cadmio a diferentes dosis y tiempo de contacto**

Muestras	Co (mg/L)	V (L)	Tiempo (min)	Ce (mg/L)	qt (mg/g)	% R

Muestras	Co (mg/L)	V (L)	Tiempo (min)	Ce (mg/L)	qt (mg/g)	% R

Muestras	Co (mg/L)	V (L)	Tiempo (min)	Ce (mg/L)	qt (mg/g)	% R

*[Signature]*  
 Ing. Químico  
 98633

ESTERDNY GLADYS TEODORO VARA.  
 ING. QUÍMICO  
 141142

*[Signature]*

CECILIA LIBIA  
 CERMENO CASTROMONTE  
 INGENIERA AGRÓNOMA  
 Reg. CIP. N° 123075

*[Signature]*



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica**

Laboratorio de Espectrometría

ANALISIS DE DOS MUESTRAS DE AGUA

SOLICITADO POR : **ARMANDO GUEVARA LOPEZ**  
Procedencia de muestras : Laguna Huascacocha, Yauli – Junín  
Recepción de muestras : Lima, 7 de Mayo del 2018

RESULTADO DEL ANÁLISIS DE MUESTRAS

Muestras de agua	Pb (mg/L)	Cd (mg/L)
AN-SL1	0.185	0.155
AN-SL2	0.187	0.154

Lima, 14 de Mayo del 2018

  
MSc. Atilio Méndez 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



## UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

### ANÁLISIS DE PLOMO Y CADMIO EN SIETE MUESTRAS DE AGUA

SOLICITADO POR : ARMANDO GUEVARA LOPEZ

Procedencia de muestras : Laguna Huascacocha, Yauli – Junín

Recepción de muestras : Lima, 16 de Mayo del 2018

### RESULTADO DEL ANÁLISIS DE MUESTRAS

Muestras de agua	Pb (mg/L)	Cd (mg/L)
Muestra inicial	0.185	0.154
P1-D0.5-1	0.098	0.078
P1-D0.5-2	0.072	0.064
P1-D0.5-3	0.069	0.059
P1-D0.5-4	0.062	0.052
P1-D0.5-5	0.058	0.049
P1-D0.5-6	0.056	0.044
P1-D0.5-7	0.054	0.038
P1-D0.5-8	0.053	0.034

Lima, 8 de Junio del 2018

  
MSc. Anlio 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



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

ANALISIS DE PLOMO Y CADMIO EN SIETE MUESTRAS DE AGUA

SOLICITADO POR : ARMANDO GUEVARA LOPEZ

Procedencia de muestras : Laguna Huascacocha, Yauli – Junín

Recepción de muestras : Lima, 17 de Mayo del 2018

RESULTADO DEL ANÁLISIS DE MUESTRAS

Muestras de agua	Pb (mg/L)	Cd (mg/L)
Muestra inicial	0.185	0.154
P2-D0.5-1	0.112	0.081
P2-D0.5-2	0.093	0.076
P2-D0.5-3	0.068	0.058
P2-D0.5-4	0.066	0.054
P2-D0.5-5	0.062	0.048
P2-D0.5-6	0.059	0.041
P2-D0.5-7	0.057	0.036
P2-D0.5-8	0.055	0.032

Lima, 8 de Junio del 2018

MSc. Atlio 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



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica**

Laboratorio de Espectrometría

**ANALISIS DE PLOMO Y CADMIO EN SIETE MUESTRAS DE AGUA**

SOLICITADO POR : **ARMANDO GUEVARA LOPEZ**  
Procedencia de muestras : Laguna Huascacocha, Yauli – Junín  
Recepción de muestras : Lima, 18 de Mayo del 2018

**RESULTADO DEL ANÁLISIS DE MUESTRAS**

Muestras de agua	Pb (mg/L)	Cd (mg/L)
Muestra inicial	0.185	0.154
P3-D0.5-1	0.094	0.075
P3-D0.5-2	0.085	0.062
P3-D0.5-3	0.068	0.054
P3-D0.5-4	0.064	0.047
P3-D0.5-5	0.062	0.043
P3-D0.5-6	0.060	0.036
P3-D0.5-7	0.059	0.032
P3-D0.5-8	0.059	0.029

Lima, 8 de Junio del 2018

MSc. Atilio Mendoza A.  
Jefe Lab. Espectrometría

Av. Túpac Amará Nº 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú  
Teléfono: (511) 4824427 ; Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245  
e-mail: labespectro@uni.edu.pe



## UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

### ANALISIS DE PLOMO Y CADMIO EN SIETE MUESTRAS DE AGUA

SOLICITADO POR : ARMANDO GUEVARA LOPEZ

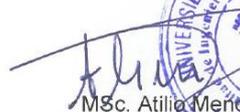
Procedencia de muestras : Laguna Huascacocha, Yauli – Junín

Recepción de muestras : Lima, 21 de Mayo del 2018

### RESULTADO DEL ANÁLISIS DE MUESTRAS

Muestras de agua	Pb (mg/L)	Cd (mg/L)
Muestra inicial	0.185	0.154
P1-D1-1	0.065	0.057
P1-D1-2	0.053	0.049
P1-D1-3	0.048	0.037
P1-D1-4	0.041	0.032
P1-D1-5	0.036	0.026
P1-D1-6	0.035	0.021
P1-D1-7	0.032	0.018
P1-D1-8	0.031	0.016

Lima, 8 de Junio del 2018

  
MSc. Atilio Mendoza A.  
Jefe Lab. Espectrometría



Av. Túpac Amará Nº 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú  
Teléfono: (511) 4824427 ; Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245  
e-mail: labespectro@uni.edu.pe



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica**

Laboratorio de Espectrometría

**ANÁLISIS DE PLOMO Y CADMIO EN SIETE MUESTRAS DE AGUA**

SOLICITADO POR : **ARMANDO GUEVARA LOPEZ**

Procedencia de muestras : Laguna Huascacocha, Yauli – Junín

Recepción de muestras : Lima, 22 de Mayo del 2018

**RESULTADO DEL ANÁLISIS DE MUESTRAS**

Muestras de agua	Pb (mg/L)	Cd (mg/L)
Muestra inicial	0.185	0.154
P2-D1-1	0.058	0.047
P2-D1-2	0.055	0.038
P2-D1-3	0.046	0.031
P2-D1-4	0.039	0.026
P2-D1-5	0.034	0.022
P2-D1-6	0.032	0.022
P2-D1-7	0.031	0.022
P2-D1-8	0.029	0.022

Lima, 8 de Junio del 2018

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



## UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

### ANÁLISIS DE PLOMO Y CADMIO EN SIETE MUESTRAS DE AGUA

SOLICITADO POR : ARMANDO GUEVARA LOPEZ

Procedencia de muestras : Laguna Huascacocha, Yauli – Junín

Recepción de muestras : Lima, 23 de Mayo del 2018

### RESULTADO DEL ANÁLISIS DE MUESTRAS

Muestras de agua	Pb (mg/L)	Cd (mg/L)
Muestra inicial	0.185	0.154
P3-D1-1	0.069	0.053
P3-D1-2	0.057	0.046
P3-D1-3	0.044	0.033
P3-D1-4	0.040	0.025
P3-D1-5	0.038	0.019
P3-D1-6	0.036	0.012
P3-D1-7	0.036	0.012
P3-D1-8	0.033	0.012

Lima, 8 de Junio del 2018

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



## UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

### ANÁLISIS DE PLOMO Y CADMIO EN SIETE MUESTRAS DE AGUA

SOLICITADO POR : ARMANDO GUEVARA LOPEZ  
Procedencia de muestras : Laguna Huascacocha, Yauli – Junín  
Recepción de muestras : Lima, 24 de Mayo del 2018

#### RESULTADO DEL ANÁLISIS DE MUESTRAS

Muestras de agua	Pb (mg/L)	Cd (mg/L)
Muestra inicial	0.185	0.154
P1-D3-1	0.046	0.042
P1-D3-2	0.037	0.039
P1-D3-3	0.022	0.028
P1-D3-4	0.019	0.024
P1-D3-5	0.014	0.019
P1-D3-6	0.013	0.016
P1-D3-7	0.012	0.012
P1-D3-8	0.011	0.009

Lima, 8 de Junio del 2018

  
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



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica**

Laboratorio de Espectrometría

**ANÁLISIS DE PLOMO Y CADMIO EN SIETE MUESTRAS DE AGUA**

SOLICITADO POR : **ARMANDO GUEVARA LOPEZ**

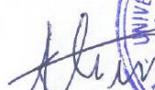
Procedencia de muestras : Laguna Huascacocha, Yauli – Junín

Recepción de muestras : Lima, 25 de Mayo del 2018

**RESULTADO DEL ANÁLISIS DE MUESTRAS**

Muestras de agua	Pb (mg/L)	Cd (mg/L)
Muestra inicial	0.185	0.154
P2-D3-1	0.052	0.039
P2-D3-2	0.039	0.026
P2-D3-3	0.026	0.021
P2-D3-4	0.021	0.017
P2-D3-5	0.016	0.011
P2-D3-6	0.011	0.009
P2-D3-7	0.009	0.006
P2-D3-8	0.007	0.004

Lima, 8 de Junio del 2018

  
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



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica**

Laboratorio de Espectrometría

**ANÁLISIS DE PLOMO Y CADMIO EN SIETE MUESTRAS DE AGUA**

SOLICITADO POR : **ARMANDO GUEVARA LOPEZ**

Procedencia de muestras : Laguna Huascacocha, Yauli – Junín

Recepción de muestras : Lima, 28 de Mayo del 2018

**RESULTADO DEL ANÁLISIS DE MUESTRAS**

Muestras de agua	Pb (mg/L)	Cd (mg/L)
Muestra inicial	0.185	0.154
P3-D3-1	0.041	0.049
P3-D3-2	0.032	0.043
P3-D3-3	0.021	0.037
P3-D3-4	0.017	0.029
P3-D3-5	0.012	0.022
P3-D3-6	0.007	0.017
P3-D3-7	0.005	0.013
P3-D3-8	0.004	0.006

Lima, 8 de Junio del 2018

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

 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	<b>ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD          DE TESIS</b>	Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 07 Fecha : 28-11-2017 Página : 1 de 1
--	---	---

Yo, **Abner Chávez Leandro** docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo Lima Norte, revisor de la tesis titulada. **“Bioadsorción de plomo y cadmio mediante el uso de carbón activado proveniente de cascarilla de arroz en aguas de la Laguna Huascacocha, Yauli, Junín 2018”** del estudiante **Armando Guevara López** constato que la investigación tiene un índice de similitud de 22 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lima, 23 de marzo del 2020



**Firma**

Abner Chávez Leandro

DNI: 22.467261

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------

Feedback Studio - Mozilla Firefox  
 https://ev.turnitin.com/app/carta/es/?u=1049769282&ss=1&lang=es&io=1280539646

feedback studio | Teis 2 | /123 | 19 de 43

**Resumen de coincidencias** 22 %

Se están viendo fuentes estándar

Ver fuentes en inglés (Beta)

Coincidencias

1	Entregado a Universida...	4 %
2	repositorio.ucv.edu.pe	2 %
3	Entregado a Universida...	2 %
4	repositorio.utmachala...	1 %
5	dspace.uccuenca.edu.ec	1 %

Entregado a Pontificia ... 1 %

Página: 1 de 55 | Número de palabras: 9528 | High Resolution | Text-only Report | Activado

**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

"Biodsorción de plomo y cadmio mediante el uso de carbón activado proveniente de cascavilla de arroz en aguas de la Laguna Huascarcocha, Yauli, Junín 2018"

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL**

AUTOR:  
Guevara López, Armando



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI)  
"César Acuña Peralta"

## FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LAS TESIS

### 1. DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres: (solo los datos del que autoriza)

GUEVARA LOPEZ ARMANDO  
D.N.I. : 71458177  
Domicilio : H2A Lt 13 Urb. Los Girasoles de Sta Rosa II Etapa - S.M.P.  
Teléfono : Fijo : Móvil : 964314798  
E-mail : arguevara24@gmail.com

### 2. IDENTIFICACIÓN DE LA TESIS

Modalidad:

Tesis de Pregrado

Facultad : INGENIERIA  
Escuela : INGENIERIA AMBIENTAL  
Carrera : INGENIERIA AMBIENTAL  
Título : INGENIERO AMBIENTAL

Tesis de Post Grado

Maestría

Grado :  
Mención :

Doctorado

### 3. DATOS DE LA TESIS

Autor (es):

ARMANDO GUEVARA LOPEZ

Título de la tesis:

Bioadsorción de plomo y Cadmio mediante el uso de carbón activado  
proveniente de la cascavilla de arroz en aguas de la Laguna Huascaracocha,  
Yauli, Junín 2018

Año de publicación : 2018

### 4. AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN VERSIÓN ELECTRÓNICA:

A través del presente documento, autorizo a la Biblioteca UCV-Lima Norte,  
a publicar en texto completo mi tesis.

Firma :

Fecha :

13/01/2020



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE

LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

Guevara López, Armando

INFORME TITULADO:

**“Bioadsorción de plomo y cadmio mediante el uso de carbón activado  
proveniente de cascarilla de arroz en aguas de la Laguna Huascacocha,  
Yauli, Junín 2018”**

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERO AMBIENTAL

SUSTENTADO EN FECHA: 10/07/2018

NOTA O MENCIÓN: 16



Dr. Elmer Benites Alfaro  
FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN

NRO. 09 -20/1