



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“Producción y caracterización química de biochar de residuos forestales
para la adsorción de plomo”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

AUTORES:

Palomino Quispe, Cintya Andrea (ORCID: 0000-0002-4066-6013)

Rodriguez Flores, Joel Kevin (ORCID: 0000-0002-8683-6292)

ASESOR:

Mg. Cabello Torres, Rita Jaqueline (ORCID: 0000-0002-9965-9678)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y gestión de los recursos naturales

LIMA – PERÚ

2019


Dedicatoria

A nuestros padres, quienes nos apoyaron incondicionalmente y dedicación en nuestro proceso de formación y en el día a día.

Agradecimiento

A Dios, por sus bendiciones y cuidados, a nuestros seres queridos por el cariño, amor y respaldo incondicional. A nuestra asesora Mg Rita Cabello Torres por su valioso aporte en nuestro proceso de investigación y desarrollo de tesis.

Página del Jurado

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS	Código : F07-PP-PR-02.02
		Versión : 10
		Fecha : 10-06-2019
		Página : 1 de 1

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don (a) **Joel Kevin Rodriguez Flores** cuyo título es:

“Producción y caracterización química de biochar de residuos forestales para la adsorción de plomo”

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de:10 (número)...DIECISEIS..... (letras).

Lima, 09 de diciembre del 2019.



.....
Dr. Fernando Antonio Sernaque Aucchuasi

PRESIDENTE



.....
Mg. Cesar Francisco Honores Balcazar


SECRETARIO



.....
Mg. Rita Jaqueline Cabello-Torres
VOCAL

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

Página del Jurado

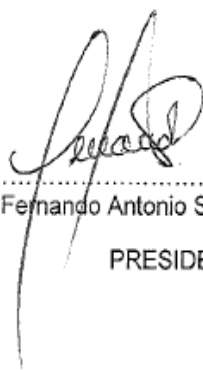
 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS	Código : F07-PP-PR-02.02 Versión : 10 Fecha : 10-06-2019 Página : 1 de 1
--	---------------------------------------	---

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don (a) **Cintya Andrea Palomino Quispe** cuyo título es:

“Producción y caracterización química de biochar de residuos forestales para la adsorción de plomo”

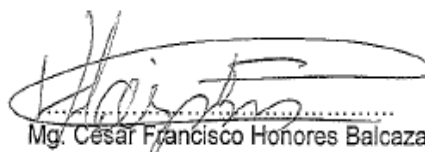
Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de: 15 (número) QUINCE (letras).

Lima, 09 de diciembre del 2019.



Dr. Fernando Antonio Sernaque Aucchuasi

PRESIDENTE



Mg. César Francisco Honores Balcazar

SECRETARIO



Mg. Rita Jaqueline Cabello Torres
VOCAL

Declaratoria de autenticidad

Declaratoria de autenticidad

Yo, **Joel Kevin Rodriguez Flores** con DNI N° **71733508** y **Cintya Andrea Palomino Quispe** con DNI: **74082159**, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Titulaciones de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Académica Profesional de Ingeniera Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica. De la tesis titulada: "Producción y caracterización química de biochar de residuos forestales para la adsorción de plomo"

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento y 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, 09 de diciembre del 2019



.....
Joel Kevin Rodriguez Flores

DNI: 71733508



.....
Cintya Andrea Palomino Quispe

DNI: 74082159

Índice

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Página del Jurado.....	iv
Declaratoria de autenticidad	vi
Índice	vii
Índice de tablas	viii
Índice de figuras	ix
Resumen	x
Abstract.....	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MÉTODO.	12
2.1. Tipo y diseño de Investigación.	12
2.2. Operacionalización de variables.	12
2.3. Población, muestra y muestreo	15
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	15
2.5. Procedimiento	16
2.6. Método de análisis de datos.	19
2.7. Aspectos éticos	19
III. RESULTADOS	21
IV. DISCUSIÓN.....	31
V. CONCLUSIONES	33
VI. RECOMENDACIONES	34
REFERENCIAS	35
ANEXOS	44

Índice de tablas

Tabla 1. <i>Antecedentes</i>	3
Tabla 2. <i>Cuadro de operacionalización de variables</i>	13
Tabla 3. <i>Parámetros y métodos para la caracterización del Huayruro</i>	16
Tabla 4. <i>Equipos para caracterizar el Huayruro</i>	16
Tabla 5. <i>Diseño experimental-Box-Behnken</i>	28
Tabla 6. <i>Características fisicoquímicas de biochar producido de residuos forestales de Ormosia coccinea</i>	30
Tabla 7. <i>Grupos funcionales del precursor hallados por su longitud de onda</i>	32
Tabla 8. <i>Grupos funcionales del biochar</i>	23
Tabla 9. <i>Adsorción de Pb logrado bajo el diseño Box Benkehn</i>	24
Tabla 10. <i>Resultados obtenidos en la prueba para evaluar modelos de adsorción</i>	27
Tabla 11. <i>Resultados de cinética – concentraciones por tiempo</i>	28
Tabla 12. <i>Ajustes de las isothermas de Langmuir y Freundlich</i>	28
Tabla 13. <i>Ajuste de los modelos cinéticos pseudo primer y segundo orden</i>	38

Índice de figuras

<i>Figura 1.</i> Grupos funcionales y su longitud de onda.	4
<i>Figura 2.</i> Grupos funcionales y su longitud de onda a mayor detalle.....	4
<i>Figura 3.</i> Adsorción por monocapa - adsorción química.....	5
<i>Figura 4.</i> Adsorción por multicapa.	6
<i>Figura 5.</i> Condensación capilar.....	6
<i>Figura 6.</i> Identificación de grupos funcionales efectuados mediante FTIR-PRECURSOR.	31
<i>Figura 7.</i> Identificación de grupos funcionales efectuados mediante FTIR-BR_1.....	31
<i>Figura 8.</i> Diagrama de Pareto de efectos estandarizados.....	25
<i>Figura 9.</i> Representación de la influencia de las variables.	27
<i>Figura 10.</i> Distribución de: a) concentración de Pb en equilibrio vs capacidad de adsorción de Pb en biochar, b) isoterma de Langmuire y c) isoterma de Freundlich (elaboración propia).....	38
<i>Figura 11.</i> a) modelo pseudo orden y b) modelo pseudo segundo orden (Elaboración propia).....	39

Resumen

El presente trabajo de investigación tiene como fin la producción y caracterización química del biochar de residuos forestales para la adsorción de plomo. Teniendo como material precursor a los residuos de la madera *Ormosia coccinea*, siguiendo las condiciones óptimas de producción brindados por el modelo de Box-behnken, que interacciono las variables independientes: temperatura de pirolisis de 350, 450 y 550 °C, tiempo de pirolisis de 60, 75 y 90 min y tamaño de partícula < 1.8, 0.18-0.5 y 0.5-1.7 mm y la adsorción de plomo como variable de respuesta.

La parte experimental se inició caracterizando el material precursor y biochar, donde se midieron parámetros químicos, resaltando al FTIR que arrojó la presencia de 13 grupos funcionales en el material precursor y 7 grupos funcionales después de la producción de biochar, donde, el grupo hidroxilo y carboxilo son los más significantes. Por otro lado, se realizó las pruebas de adsorción, obtenido el mayor porcentaje de adsorción de plomo (85.4%) con el biochar BR_1, para lo cual se utilizó 2.5g en 250 ml (1000 mg/L de plomo) con un pH ajustado de 5 a 286 rpm y temperatura ambiente. El BR_1, fue utilizado para determinar el tipo de isoterma de adsorción y cinética de pseudo orden, utilizando 0.15g, con pH 5, temperatura ambiente, 30 ml, y 250 rpm, sometido a concentraciones de 10, 25, 50, 75, 100, 125, 150 y 200 mg/L a tiempos de 2, 4, 6, 8, 10, 20, 25 y 30 min.

Se logró concluir que los parámetros de producción si influyen en la adsorción de plomo, teniendo a la temperatura de pirolisis como el parámetro más significativo; obteniendo mejores porcentajes de adsorción a menores temperaturas (350°C), además se identificó que le grupo carboxilo es el responsable de la atracción de los iones metálicos de plomo. Finalmente, Los resultados obtenidos se ajustaron mejor a la isoterma de Langmuir ($p < 0.019$ y $R^2 = 0.786$) y al modelo pseudo segundo orden ($p < 0.001$ y $R^2 > 0.099$).

Palabras claves: biochar, pirolisis, adsorción, isoterma de adsorción, cinética.


Abstract

The purpose of this research work is the production and chemical characterization of biochar of forest residues for lead adsorption. Having as a precursor material to *Ormosia coccinea* wood residues, following the optimal production conditions provided by the Box-behnken model, which interacted the independent variables: pyrolysis temperature of 350, 450 and 550 ° C, pyrolysis time of 60, 75 and 90 min and particle size <1.8, 0.18-0.5 and 0.5-1.7 mm and lead adsorption as a response variable.

The experimental part began by characterizing the precursor and biochar material, where chemical parameters were measured, highlighting the FTIR that showed the presence of 13 functional groups in the precursor material and 7 functional groups after biochar production, where, the hydroxyl group and Carboxyl are the most significant. On the other hand, adsorption tests were performed, obtaining the highest percentage of adsorption of lead (85.4%) with biochar BR_1, for which 2.5g in 250 ml (1000 mg / L of lead) was used with an adjusted pH from 5 to 286 rpm and room temperature. BR_1 was used to determine the type of adsorption isotherm and pseudo order kinetics, using 0.15g, with pH 5, room temperature, 30 ml, and 250 rpm, subjected to concentrations of 10, 25, 50, 75, 100 , 125, 150 and 200 mg / L at times of 2, 4, 6, 8, 10, 20, 25 and 30 min.

It was concluded that the production parameters do influence the adsorption of lead, having the pyrolysis temperature as the most significant parameter; obtaining better adsorption percentages at lower temperatures (350 ° C), it was also identified that the carboxyl group is responsible for the attraction of lead metal ions. Finally, the results obtained were better adjusted to the Langmuir isotherm ($p = <0.019$ and $R^2 = 0.786$) and the pseudo second order model ($p = <0.001$ and $R^2 \Rightarrow 0.099$).

Keywords: biochar, pyrolysis, adsorption, adsorption isotherm, kinetics.

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS	Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 10 Fecha : 10-06-2019 Página : 1 de 1
--	---	---

Yo, Rita Jaqueline Cabello Torres, docente de la Facultad Ingeniería y Escuela Profesional Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo – Lima Este, revisor (a) de la tesis titulada:

“Producción y caracterización química de biochar de residuos forestales para la adsorción de plomo”

de la estudiante Cintya Andrea Palomino Quispe, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 12% 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, 9 de diciembre del 2019.



Mg. Rita Jaqueline Cabello Torres

DNI N° 08947396

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------