

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA FORESTAL
Y MEDIO AMBIENTE



Modificación de tres biocarbones derivados de cascarilla de arroz, cáscara de cacao, y viruta de palo santo mediante tratamiento hidrotermal y su efecto en la adsorción de plomo y arsénico

Tesis

Para optar el título de ingeniero forestal y medio ambiente

Autor

Br. Aleman Vines Geovanny Smith

Tumbes, 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA FORESTAL
Y MEDIO AMBIENTE



Modificación de tres biocarbones derivados de cascarilla de arroz, cáscara de cacao, y viruta de palo santo mediante tratamiento hidrotermal y su efecto en la adsorción de plomo y arsénico

Tesis Aprobada en forma y estilo por:

Dr. Carlos Alberto Canepa La Cotera

Presidente

Dr. Miguel Antonio Puescas Chully

Secretario

Dr. Eber Leopoldo Herrera Palacios

Vocal

Tumbes, 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA FORESTAL
Y MEDIO AMBIENTE



Modificación de tres biocarbones derivados de cascarilla de arroz, cáscara de cacao, y viruta de palo santo mediante tratamiento hidrotermal y su efecto en la adsorción de plomo y arsénico
Los suscritos declaramos que la tesis es original en su contenido y

forma

Br. Aleman Vines Geovanny Smith

Autor

Dr. Gerardo J. F. Cruz Cerro

Asesor

Mg. Rimaycuna Ramirez John Henry

Coasesor

Tumbes, 2023



"AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PRESENCIAL


En Tumbes, a los veintisiete días del mes de septiembre del dos mil veintitrés, a las dieciocho horas, vía virtual-Zoom <https://us02web.zoom.us/j/83236212575?pwd=ZnlqcHRIUVc5WXdhRGx0WnAxMVZlZz09>, se reunieron el Jurado Calificador de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Tumbes, designado por Resolución N° 107-2022/UNTUMBES-VRACAD-FCA-D (05-12-2022), **Dr. Carlos Alberto Canepa La Cotera**, (Presidente) **Dr. Miguel Antonio Puestas Chully** (Secretario), **Dr. Eber Leopoldo Herrera Palacios** (Vocal), reconociendo en la misma resolución además, al **Dr. Gerardo Juan F. Cruz Cerro** y, al **Mg. John Henry Rimaycuna Ramírez**, como asesor y co-asesor respectivamente, se procedió a evaluar, calificar y deliberar la sustentación de la tesis, titulada: "**Modificación de 3 biocarbones derivados de la cascarilla de arroz, cáscara de cacao y viruta de palo santo mediante tratamiento hidrotermal y su efecto en la adsorción de plomo y arsénico**", para optar el Título Profesional de Ingeniero Forestal y Medio Ambiente, presentado por la: **Estudiante/Br. GEOVANNY SMITH ALEMÁN VINCES**. Concluida la sustentación y absueltas las preguntas, por parte del sustentante y después de la deliberación, el jurado según el artículo N° 65 del Reglamento de Tesis para Pregrado y Posgrado de la Universidad Nacional de Tumbes, declara a la: estudiante / **Bach. Geovanny Smith Alemán Vincés**, con calificativo **MUY BUENO**.


Se hace conocer al sustentante, que deberá levantar las observaciones finales hechas al informe final de tesis, que el jurado le indica.


En consecuencia, queda **EXPEDITO** para continuar con los trámites correspondientes a la obtención del título profesional de Ingeniero Forestal y Medio Ambiente, de conformidad con lo estipulado en la Ley Universitaria N° 30220, el Estatuto, Reglamento General, Reglamento General de Grados y Títulos y Reglamento de Tesis de la Universidad Nacional de Tumbes.


Siendo las diecinueve horas del mismo día, se dio por concluida la ceremonia académica, procediendo a firmar el acta en presencia del público asistente.

Tumbes, 27 de setiembre de 2023.


Dr. CARLOS ALBERTO CANEPA LA COTERA
DNI N° 00364276
CODIGO ORCID: 0000-0002-4615-1993
Presidente


Dr. MIGUEL ANTONIO PUESTAS CHULLY
DNI N° 02660522
CODIGO ORCID: 0000-0003-1979-9572
Secretario


Dr. EBER LEOPOLDO HERRERA PALACIOS
DNI N° 42450218
CODDIGO ORCID: 0000-0002-7255-9087
Vocal


Dr. GERARDO JUAN F. CRUZ CERRO
DNI N° 80661595
CODDIGO ORCID: 0000-0001-6096-0183
Miembro asesor

INFORME DE ORIGINALIDAD

17 %
INDICE DE SIMILITUD

17 %
FUENTES DE INTERNET

2 %
PUBLICACIONES

%
TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1 repositorio.untumbes.edu.pe **13** %
Fuente de Internet

2 www.riaa.uaem.mx **<1** %
Fuente de Internet

3 repositorio.unsa.edu.pe **<1** %
Fuente de Internet

4 ilitia.cua.uam.mx:8080 **<1** %
Fuente de Internet

5 repositorio.urp.edu.pe **<1** %
Fuente de Internet

6 repositorio.ucv.edu.pe **<1** %
Fuente de Internet

7 www.dspace.uce.edu.ec **<1** %
Fuente de Internet

8 purl.org **<1** %
Fuente de Internet

9 revistas.udistrital.edu.co **<1** %
Fuente de Internet



Dr. Gerardo Juan Francisco Cruz Cerro
Codigo ORCID N° 0000-001-6096-0183

10	ciqa.repositorioinstitucional.mx Fuente de Internet	<1 %
11	sqperu.org.pe Fuente de Internet	<1 %
12	www.dspace.espol.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
13	seafast.ipb.ac.id Fuente de Internet	<1 %
14	www.scielo.org.co Fuente de Internet	<1 %
15	www.theibfr.com Fuente de Internet	<1 %
16	biblioteca.uniminuto.edu Fuente de Internet	<1 %
17	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1 %
18	dspace.ucuenca.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
19	erp.untumbes.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
20	opus.lib.uts.edu.au Fuente de Internet	<1 %
21	renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	<1 %



22	repositorio.unal.edu.co Fuente de Internet	<1 %
23	riaa.uaem.mx Fuente de Internet	<1 %
24	www.mdpi.com Fuente de Internet	<1 %
25	Yinchen Da, Min Xu, Jing Ma, Peng Gao, Xiaohong Zhang, Gang Yang, Jun Wu, Chun Song, Lulu Long, Chao Chen. "Remediation of cadmium contaminated soil using K ₂ FeO ₄ modified vinasse biochar", <i>Ecotoxicology and Environmental Safety</i> , 2023 Publicación	<1 %
26	discovery.ucl.ac.uk Fuente de Internet	<1 %
27	e-biblio.univ-mosta.dz Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas Activo
Excluir bibliografía Activo

Excluir coincidencias < 15 words



Dr. Gerardo Juan Francisco Cruz Cerro
Codigo ORCID N° 0000-001-6096-0183

DEDICATORIA

A mi Soila querida, aunque no este físicamente presente, se mantiene viva en el corazón de todas las personas que llegamos a conocerla, porque a lo largo de todo este proceso has sido quien me sostuvo para poder superar cada obstáculo del camino con tu inmenso amor y fuerza, este logro es un triunfo de ambos, estoy orgulloso de llamarte madre.

A mi mamá Selena, que con su carácter siempre me ha protegido, eres una mujer fuerte y luchadora, no me alcanzara la vida para agradecer todo lo que has hecho por mí.

A mi papá Beltrán, quien siempre ha estado aconsejándome y apoyándome para que pueda poder destacar académicamente.

A mi padrino Walter, quien ha sabido guiarme e inculcarme los valores que me han hecho la persona que ahora soy.

A mi hermana Irma porque ella ha sido ese modelo que seguir, cuando de ponerme metas se ha tratado.

A mi novia Claudia, quien siempre ha estado motivándome en todos los objetivos que me he trasado, eres eso que no esperaba pero que necesitaba para poder ver la vida con otra pasión.

AGRADECIMIENTOS

A mi asesor, Dr. Gerardo Cruz Cerro quien ha sido una gran fuente de sabiduría en el desarrollo de la tesis.

A mi coasesor, Mg. John Rimaycuna Ramirez por la orientación que me ha brindado en el desarrollo de la tesis, siempre recordare los detalles que me ha dado para mejorar la calidad de este manuscrito.

A la Mg. Angie Gonzaga Sernaqué quien me ayudo en la evaluación de las pruebas de laboratorio de mi investigación.

Al Ing. Nixon Castillo Gonzales que me brindo sus experiencias, para el desarrollo de las pruebas de laboratorio y ha sido una guía constante en cada

ÍNDICE

RESUMEN	15
ABSTRACT	16
CAPITULO I	17
1. Introducción	17
CAPITULO II	20
2. Revisión de Literatura	20
CAPITULO III	24
3. Materiales y métodos	24
3.1. Proceso de producción del Biocarbón	24
3.1.1. Recolección y acondicionamiento de materia prima.	24
3.1.2. Molienda de Cascara de Cacao, cascarilla de arroz y viruta de palo santo.....	25
3.1.3. Pirolisis.....	25
3.2. Modificación de Biocarbón mediante tratamiento hidrotermal	25
3.2.1. Biocarbón de cascara de Cacao, cascarilla de Arroz y viruta de Palo Santo.....	25
3.3. Caracterización de los biocarbones y biocarbones modificados.	26
3.3.1. Determinación del pH de Carga Cero.....	26
3.3.2. Determinación del Contenido de Humedad.....	26
3.3.3. Determinación de contenido de ceniza.....	26
3.3.4. Espectrofotometría infrarroja (FTIR)	27
3.4. Pruebas de adsorción.....	27
3.4.1. Cinética	27
3.4.2. Equilibrio	28
CAPITULO IV	29
4. Resultados y Discusión.....	29
4.1. Producción de Biocarbón Cascarilla de Arroz, Cascara de Cacao y Viruta de Palo Santo.....	29
4.2. pH de Carga Cero.	31
4.3. Humedad.....	34
4.4. Ceniza	35

4.5. Espectrofotometría infrarroja (FTIR).....	36
4.6. Pruebas de adsorción.....	42
4.6.1. Cinética	42
4.6.1.1. Plomo	42
4.6.1.2. Arsénico	48
4.6.2. Equilibrio	52
4.6.2.1. Plomo	52
CAPITULO V	55
5. Conclusiones	55
CAPITULO 6	57
6. Recomendaciones	57
CAPITULO 7	58
7. Referencias Bibliográficas.....	58
CAPITULO 8	65
8. Anexos.....	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Materia prima, biocarbón y biocarbones modificados de cascarilla de arroz. (1a) Materia Prima, (1b) BCATestigo, (1c) BCA100, (1d) BCA120 y (1e) BCA150.	29
Figura 2. Materia prima, biocarbón y biocarbones modificados de viruta de palo santo. (1a) Materia Prima, (1b) BVPTestigo, (1c) BVP100, (1d) BVP120 y (1e) BVP150.	30
Figura 3. Materia prima, biocarbón y biocarbones modificados de viruta de palo santo. (1a) Materia Prima, (1b) BCCTestigo, (1c) BCC100, (1d) BCC120 y (1e) BCC150.....	31
Figura 4. Determinación del pH Carga Cero de biocarbón de cascarilla de arroz modificado con tratamiento hidrotermal a 100°C (BCA100), 120°C (BCA120), 150°C (BCA150) y testigo (BCATestigo).....	32
Figura 5. Determinación del pH Carga Cero de biocarbón de viruta de palo santo modificado con tratamiento hidrotermal a 100°C (BVP100), 120°C (BVP120), 150°C(BVP150) y testigo (BVPTestigo)..	33
Figura 6. Determinación del pH Carga Cero de biocarbón de cascara de cacao modificado con tratamiento hidrotermal a 100°C (BCC100), 120°C (BCC120), 150°C (BCC150) y testigo (BCCTestigo).....	34
Figura 7. Determinación del contenido de humedad de las muestras de biocarbón de cascara de cacao, cascarilla de arroz y viruta de palo santo modificado con tratamiento hidrotermal a 100°C (BCC100, BVP100 y BCA100), 120°C (BCC120, BVP120 y BCA120), 150°C (BCC150, BVP150 y BCA150) y testigo (BCCTestigo, BVPTestigo y BCATestigo).	35
Figura 8. Determinación del contenido de ceniza de las muestras de biocarbón de cáscara de cacao, cascarilla de arroz y viruta de palo santo modificado con tratamiento hidrotermal a 100°C (BCC100, BVP100 y BCA100), 120°C (BCC120, BVP120 y BCA120), 150°C (BCC150, BVP150 y BCA150) y testigo (BCCTestigo, BVPTestigo y BCATestigo).	36
Figura 9. FTIR de biocarbón de arroz y sus modificaciones de la parte sólida (1a).	37
Figura 10. FTIR de biocarbón de cascara de cacao y sus modificaciones de la parte solida 2a	38

Figura 11. FTIR de biocarbón de viruta de palo santo y sus modificaciones de la parte solida 3a.....	39
Figura 12. FTIR de biocarbón de viruta de palo santo y sus modificaciones de la parte liquida concentrada (1b).....	40
Figura 13. FTIR de biocarbón de cascara de cacao y sus modificaciones de la parte liquida concentrada (2b).....	41
Figura 14. FTIR de biocarbón de viruta de palo santo y sus modificaciones de la parte liquida concentrada (3b).	42
Figura 15. Adsorción de plomo en (mg/g) de biocarbón de viruta de palo santo con modificación en tratamiento hidrotermal de BVP100, BVP120, BVP150 Y BVPTestigo.	43
Figura 16 Adsorción de plomo en (mg/g) de biocarbón de cascara de cacao con modificación en tratamiento hidrotermal de BCC100, BCC120, BCC150 Y BCCTestigo.	44
Figura 17. Adsorción de plomo en (mg/g) de biocarbón de cascarilla de arroz con modificación en tratamiento hidrotermal de BCA100, BCA120, BCA150 Y BCATestigo	45
Figura 18. Adsorción de arsénico en (mg/g) de biocarbón de cascarilla de arroz con modificación en tratamiento hidrotermal de BCA100, BCA120, BCA150 Y BCATestigo.	48
Figura 19. Adsorción de arsénico en (mg/g) de biocarbón de viruta de palo santo con modificación en tratamiento hidrotermal de BVP100, BVP120, BVP150 Y BVPTestigo.	49
Figura 20. Adsorción de arsénico en (mg/g) de biocarbón de cascara de cacao con modificación en tratamiento hidrotermal de BCC100, BCC120, BCC150 Y BCCTestigo.	50
Figura 21. Ajustes de los modelos aplicados en los datos de equilibrio de adsorción para plomo con biocarbón y biocarbón modificado a 100°C, 120°C y 150°C de tratamiento hidrotermal en biocarbón de cascarilla de arroz.	53
Figura 22: Pesado de biocarbón (1a) y modificación hidrotermal de biocarbón (1a).	65
Figura 23: Espectro infrarrojo de biocarbón y biocarbones modificados.	66
Figura 24: Revisión de muestras obtenidas (1a) y extracción de muestras (1a)	67
Figura 25: Proceso de adsorción en equilibrio	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Códigos y descripción del biocarbón producido	25
Tabla 2. Códigos y descripción de los biocarbones modificados y testigos	25
Tabla 3. Ecuaciones no lineales de los modelos de cinética	27
Tabla 4. Ecuaciones no lineales de los modelos de equilibrio.....	28
Tabla 5. Rendimiento de producción de biocarbones.	29
Tabla 6. Parámetros obtenidos por la aplicación de los diferentes modelos no lineales de cinética en biocarbón de cascarilla de arroz para la adsorción de plomo.	44
Tabla 7. Parámetros obtenidos por la aplicación de los diferentes modelos no lineales de cinética en biocarbón de cáscara de cacao para la adsorción de plomo.	45
Tabla 8. Parámetros obtenidos por la aplicación de los diferentes modelos no lineales de cinética en biocarbón de viruta de palo santo para la adsorción de plomo.	46
Tabla 9. Comparación de los modelos de adsorción de cinética en arsénico. .	46
Tabla 10. Parámetros obtenidos por la aplicación de los diferentes modelos no lineales de cinética en biocarbón de cascarilla de arroz para la adsorción de arsénico.....	49
Tabla 11. Parámetros obtenidos por la aplicación de los diferentes modelos no lineales de cinética en biocarbón de cáscara de cacao para la adsorción de arsénico.....	50
Tabla 12. Parámetros obtenidos por la aplicación de los diferentes modelos no lineales de cinética en biocarbón de viruta de palo santo para la adsorción de arsénico.....	51
Tabla 13. Comparación de los modelos de adsorción de cinética en arsénico.	51
Tabla 14. Parámetros obtenidos por la aplicación de los diferentes modelos no lineales de equilibrio en biocarbón de cascarilla de arroz para la adsorción de plomo.	53
Tabla 15. Comparación de los modelos de adsorción de equilibrio en plomo..	53

RESUMEN

El uso de residuos para la producción de biocarbón ha sido ampliamente estudiado, sin embargo, estos materiales debido a sus propiedades tienen ciertas limitaciones de adsorción para con ciertos contaminantes, de allí la necesidad de mejorarla a través de las modificaciones de sus características, por esto, el presente estudio tuvo como objetivo la modificación de biocarbón obtenido a partir de cascarilla de arroz, cáscara de cacao y viruta de palo santo con el fin de mejorar su capacidad de adsorción en plomo y arsénico. El biocarbón se produjo mediante pirólisis a 600°C con una atmósfera de N₂ por 5 horas, posteriormente se modificó mediante tratamiento hidrotermal por 5 horas a temperaturas de 100, 120 y 150°C. Al biocarbón obtenido de viruta de palo santo (BVPTestigo), cáscara de cacao (BCCTestigo) y cascarilla de arroz (BCATestigo) así como sus modificaciones BVP100, BVP120, BVP150, BCC100, BCC120, BCC150, BCA100, BCA120 Y BCA150) se les realizó análisis de sus características físicas y química superficial. Se realizaron pruebas de adsorción de cinética y equilibrio en los que los resultados de cinética en plomo mostraron efecto negativo en la adsorción para los biocarbones modificados mientras que las muestras para arsénico resultaron con un efecto ligeramente positivo en los biocarbones de arroz y cacao a diferencia de las de biocarbón de viruta de palo santo donde se redujo la adsorción. Finalmente, las pruebas de equilibrio se obtuvieron valores que no se ajustaron a las pruebas en adsorción de arsénico, en comparación a los resultados obtenidos en plomo donde las muestras que se ajustaron a los modelos estadísticos fueron las correspondientes a los BCA en la que al igual que las pruebas de cinética se tuvo un efecto negativo en la adsorción.

Palabras clave: Biocarbón, adsorción, hidrotermal, cinética, equilibrio.

ABSTRACT

The use of wastes for the production of biochar has been widely studied; however, due to their properties, these materials have certain adsorption limitations for certain pollutants, hence the need to improve it through modifications of their characteristics; therefore, the objective of this study was the modification of biochar obtained from rice husks, cocoa husks and palo santo wood chips in order to improve its adsorption capacity for lead and arsenic. The biochar was produced by pyrolysis at 600°C with an atmosphere of N₂ for 5 hours, then it was modified by hydrothermal treatment for 5 hours at temperatures of 100, 120 and 150°C. The biochar obtained from palo santo wood chips (BVPTestigo), cocoa husk (BCCTestigo) and rice husk (BCATestigo) as well as their modifications (BVP100, BVP120, BVP150, BCC100, BCC120, BCC150, BCA100, BCA120 and BCA150) underwent analysis of their physical and chemical surface characteristics. Kinetic and equilibrium adsorption tests were carried out in which the results for lead kinetics showed a negative effect on adsorption for the modified biochars, while the arsenic samples showed a slightly positive effect on rice and cocoa biochars, in contrast to those of biochar from palo santo wood chips, where adsorption was reduced. Finally, the equilibrium tests obtained values that did not adjust to the arsenic adsorption tests, in comparison to the results obtained for lead where the samples that adjusted to the statistical models were those corresponding to the BCA in which, as in the kinetic tests, there was a negative effect on adsorption.

Key Words: Biochar, adsorption, hydrothermal, kinetics, equilibrium.