



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y
ARQUITECTURA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Adsorbentes de residuos lignocelulósicos en la remoción de Pb y
Zn en aguas de río Parcoy-La Libertad, 2023

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

AUTORES:

Malca Hernandez, Deiner (orcid.org/0000-0002-3714-5460)

Paredes Cruz, Talita Damaris (orcid.org/0000-0001-6809-5411)

ASESOR:

Dr. Cruz Monzon, Jose Alfredo (orcid.org/0000-0001-9146-7615)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

TRUJILLO - PERÚ

2023

DEDICATORIA

A nuestros familiares, amistades y docentes de la universidad por apoyarnos en toda la trayectoria de nuestra formación académica y por no dejarnos rendirnos en cada dificultad o problema que se nos ha presentado para finalmente llegar hasta este momento más importante de la carrera así más adelante lograr cumplir con todos nuestros objetivos.

AGRADECIMIENTO

Agradecer en primer lugar a Dios, que nos brindó salud y bienestar, así mismo nos guió en cada paso que damos. A nuestros padres porque por ellos es que nos esforzamos en seguir adelante. A nuestro asesor Dr. Cruz Monzón, José Alfredo que nos guió en cada paso de la tesis y nos brindó su ayuda y paciencia. Finalmente agradecer a la Universidad César Vallejo y a la escuela profesional de Ingeniería Ambiental por aportarnos conocimientos que nos servirá para nuestra etapa profesional.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, CRUZ MONZON JOSE ALFREDO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Adsorbentes de residuos lignocelulósicos en la remoción de Pb y Zn en aguas de río Parcoy-La Libertad, 2023", cuyos autores son PAREDES CRUZ TALITA DAMARIS, MALCA HERNANDEZ DEINER, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 14.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

TRUJILLO, 26 de Junio del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
CRUZ MONZON JOSE ALFREDO DNI: 18887838 ORCID: 0000-0001-9146-7615	Firmado electrónicamente por: JACRUZM el 04-07- 2023 22:48:18

Código documento Trilce: TRI - 0552639



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, PAREDES CRUZ TALITA DAMARIS, MALCA HERNANDEZ DEINER estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Adsorbentes de residuos lignocelulósicos en la remoción de Pb y Zn en aguas de río Parcoy-La Libertad, 2023", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

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

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

Nombres y Apellidos	Firma
DEINER MALCA HERNANDEZ DNI: 48151658 ORCID: 0000-0002-3714-5460	Firmado electrónicamente por: DMALCAH el 26-06-2023 20:15:55
TALITA DAMARIS PAREDES CRUZ DNI: 77234686 ORCID: 0000-0001-6809-5411	Firmado electrónicamente por: TPAREDESCR4 el 26-06-2023 20:12:14

Código documento Trilce: TRI - 0552640



ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR.....	iv
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DE LOS AUTORES	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	11
3.1. Tipo y diseño de investigación	11
3.2. Variables y operacionalización.....	11
3.3. Población (criterios de selección), muestra, muestreo, unidad de análisis.	11
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	12
3.5. Procedimientos.....	12
3.6. Método de análisis de datos	14
3.7. Aspectos éticos	15
IV. RESULTADOS	16
V. DISCUSIÓN.....	26
VI. CONCLUSIONES	31
VII. RECOMENDACIONES	32
REFERENCIAS	33
ANEXOS.....	43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Diseño experimental bifactorial.....	14
Tabla 2 Representación de los factores, tratamientos y unidades experimentales para el análisis de varianza con 2 factores.	14
Tabla 3 Evaluación del biocarbón de fibra de coco y pajilla de arroz en la remoción en aguas del río Parcoy.....	16
Tabla 4 Estadísticos descriptivos en base a las concentraciones de Pb y Zn en agua de río de Parcoy con aplicación de biocarbón de fibra de coco.....	17
Tabla 5 Prueba de efectos intra-sujetos esfericidad asumida en base a las concentraciones de Pb y Zn en agua de río de Parcoy con aplicación de biocarbón de fibra de coco.	17
Tabla 6 Prueba de comparación de dosis en mejor remoción con el biocarbón fibra de coco.....	18
Tabla 7 Estadísticos descriptivos en base a las concentraciones de Pb y Zn encontrada en agua de río de Parcoy después de la aplicación de biocarbón de pajilla de arroz.	18
Tabla 8 Prueba de efectos intra-sujetos esfericidad asumida en base a las concentraciones de Pb y Zn en agua de río de Parcoy con aplicación de biocarbón de fibra de coco.	19
Tabla 9 Prueba de comparación de dosis en mejor remoción con el biocarbón pajilla de arroz.	19
Tabla 10 Estadísticos descriptivos en base al valor porcentual de remoción de Pb y Zn en agua de río de Parcoy.....	20
Tabla 11 Estadísticos descriptivos de las concentraciones de Pb y Zn en agua de río de Parcoy con aplicación de biocarbón.....	22
Tabla 12 Prueba de efectos intra-sujetos esfericidad asumida en base a las concentraciones de Pb y Zn en agua de río de Parcoy con aplicación de biocarbón.	23
Tabla 13 Prueba de comparación por parejas en base a las concentraciones de Pb y Zn en agua de río de Parcoy con aplicación de biocarbón.....	24
Tabla 14 Resultados de pH y turbidez después de tratamiento de agua del Río Parcoy con residuos lignocelulósicos.....	24
Tabla 15 Matriz de operacionalización de variables.....	43
Tabla 16 Ficha de Campo.	44
Tabla 17 Ficha de las características de los adsorbentes y su proceso.....	45
Tabla 18 Ficha de registro de cambios.....	45

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Figura 1 Distribución de los valores porcentuales de las concentraciones de Pb y Zn en agua de río Parcoy con la aplicación de residuos lignocelulósicos.	21
Figura 2 Resultados promedio de pH por la variación de dosis de residuos lignocelulósicos.	25
Figura 3 Ficha 1 de validación de campo para registro de muestras.	46
Figura 4 Ficha 2 de validación de las características de los adsorbentes y su proceso.	47
Figura 5 Ficha 3 de validación de registro de cambios.....	48
Figura 6 Lugar de la toma de muestras del agua.	49
Figura 7 Análisis de las muestras de agua contaminados por metales pesados.	50
Figura 8 Pirolisis de los residuos pajilla de arroz y fibra de coco.	51
Figura 9 Aplicación de los residuos pajilla de arroz y fibra de coco.....	52
Figura 10 Los vasos de precipitación con los residuos fueron llevados a un banco agitador.	53
Figura 11 Las muestras fueron contenidas en tubos cónicos de plástico de 15 ml para luego ser analizadas.	54
Figura 12 Las muestras fueron contenidas en tubos cónicos de plástico de 15 ml para luego ser analizadas.	54
Figura 13 Medición del pH y turbidez.	55
Figura 14 Los residuos carbonizados después del filtrado.	56
Figura 15 Reporte de análisis de las muestras.....	57

RESUMEN

La contaminación del agua superficial por metales pesados a causa de la minería es una problemática vigente en algunos países, por lo cual se han desarrollado técnicas para su descontaminación alcanzando diversos grados de eficiencia. Sin embargo, es necesario contar con alternativas eco amigables y de bajo costo. Es por ello, que se propuso evaluar el efecto que producen los adsorbentes de residuos lignocelulósicos en la remoción de Pb y Zn presente en las aguas del río Parcoy en la región la Libertad. La metodología desarrollada fue experimental, los residuos se acondicionaron a una temperatura de 400 °C y 300 °C y a tiempos de pirólisis de 1 y 2 h respectivamente, para obtener biocarbón el cual fue aplicado por cada muestra de 500 mL usando dosis de 2,5 y 5 g y a tiempos de 1, 3 y 12 horas. Los resultados muestran que las mejores condiciones para remover Pb y Zn en las aguas del río Parcoy utilizando el biocarbón de fibra de coco y pajilla de arroz es a un tiempo de 12 horas y con dosis de 2.5 g. Se concluye que los adsorbentes bajo la forma de biocarbón obtenido de residuos lignocelulósicos tienen efecto favorable en la remoción de Pb y Zn en aguas de río Parcoy-La Libertad, 2023.

Palabras clave: residuos lignocelulósicos, remoción, metales pesados, adsorbentes, agua de río.

ABSTRACT

Contamination of surface water by heavy metals due to mining is a current problem in some countries, which is why techniques have been developed for its decontamination, reaching various degrees of efficiency. However, it is necessary to have eco-friendly and low-cost alternatives. For this reason, it was proposed to evaluate the effect produced by lignocellulosic waste adsorbents in the removal of Pb and Zn present in the waters of the Parcoy river in the La Libertad region. The methodology developed was experimental, the residues were conditioned at a temperature of 400 °C and 300 °C and at pyrolysis times of 1 and 2 h respectively, to obtain biochar which was applied for each 500 mL sample using doses of 2.5 and 5 g and at times of 1, 3 and 12 hours. The results show that the best conditions to remove Pb and Zn in the waters of the Parcoy river using biochar from coconut fiber and rice straw is at a time of 12 hours and with a dose of 2.5 g. It is concluded that adsorbents in the form of biochar obtained from lignocellulosic residues have a favorable effect on the removal of Pb and Zn in waters of the Parcoy-La Libertad river, 2023.

Keywords: lignocellulosic residues, removal, heavy metals, adsorbents, river water.

I. INTRODUCCIÓN

Cerca del 90% del recurso hídrico disponible en el mundo se contamina por diversos agentes, el 60 % de estos agentes tiene la propiedad de convertirla en un recurso irreversible al consumo (Larramendi, Millán y Plana, 2021); por ello, como respuesta a este creciente problema se está usando métodos de adsorción como tratamiento de remoción de los elementos contaminantes (Ebrahimi, Kameron y Morteza, 2022).

En Latinoamérica, los métodos de adsorción convencionales son problemáticos para los empresarios e investigadores, dado que tienen un alto costo, son difíciles de manejar y algunos de sus materiales son perjudiciales para el medio (Zhang, Zichen y Zhanying, 2021). Por ello, la línea de investigación actual respecto a mejores métodos de adsorción, busca una opción que vaya acorde al estilo de vida actual, y a las necesidades de producción sostenible, para un consumo más responsable, que cumpla con los requisitos y políticas públicas para el mejoramiento de la problemática ambiental (Manoiu, Kubiak y Akman, 2022).

En ese sentido, en Perú se vienen utilizando diversos métodos de remoción de metales como la electrodeposición o la precipitación química, pero en su mayoría conllevan a una inutilización de los recursos empleados en su aplicación (Díaz y Sánchez, 2019). Sobre esto, el 60% de los estudios nacionales evidencian que los métodos de adsorción comunes, no poseen suficiente efectividad en los metales pesados con mayor presencia en los recursos hídricos, y que además son más costosos (Vicuña y Soto, 2022). Esto se puede observar en el departamento de La Libertad, en donde no se cuenta con estrategias de tratamiento del agua residual generados por la minería a base de adsorbentes sostenibles por lo cual hay pocas propuestas que incluyan estas alternativas (Cerna, Espinoza, y Chunga, 2019).

De este modo, la problemática se centra en que los adsorbentes comunes representan un gasto elevado, ya que son difíciles de manejar o no son accesibles para diversos grupos económicos (Correa, Fuentes y Coral, 2021). Ante esto, los adsorbentes derivados del carbono han reportado resultados prometedores en el tratamiento del plomo y zinc; sin embargo, su eficiencia aún no ha sido estudiada a profundidad (Quispe, Belizario y Huaquisto, 2019).

Por otro lado, existen diversas hipótesis sobre la adsorción con residuos lignocelulósicos, en las que se asegura poder lograr hasta un 98% de adsorción en aguas contaminadas con plomo, mientras que hasta un 93% en aguas contaminadas con zinc (Pabón, Benítez y Gallo, 2021). A pesar de esta ventaja evidente sobre adsorbentes comunes, no hay estudios suficientes sobre sus efectos a profundidad, que hacen posible una mejor adsorción con estos materiales (Hafila, Imran y Mushtaq, 2022).

A nivel internacional Costa Rica cuenta con una importante riqueza hídrica, pero también se enfrenta al desafío de la contaminación en varios de sus ríos, los cuales son los metales pesados (MP), ya que pueden tener efectos adversos en la salud de las personas, los animales y las plantas. Su naturaleza no biodegradable y su capacidad de acumulación en los organismos pueden ocasionar impactos tóxicos a largo plazo. La falta de información sobre los metales pesados en los ríos de Costa Rica ha motivado a realizar investigaciones para evaluar la calidad del agua en diferentes regiones del país (Chavarría, et al, 2022). A nivel nacional el río San Juan es un importante afluente donde nace el río Mantaro, ubicado en el departamento de Pasco, a una altitud de 4,200 m.s.n.m. Lamentablemente, los monitoreos de la calidad del agua realizados por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) indican que el río San Juan presenta evidencia de contaminación por metales pesados, debido a las fuentes puntuales procedentes de vertimientos mineros que se vierten en sus aguas (Chirinos; C, 2022). A nivel local se puede observar en el río Parcoy, ubicado en la región de La Libertad, que presenta actualmente un preocupante estado de contaminación en sus aguas, a raíz de diversas fuentes de contaminantes que contribuyen a este deterioro ambiental, siendo la más destacada la actividad minera sin un adecuado tratamiento, los principales contaminantes presentes en el río Parcoy incluyen metales pesados como el plomo y zinc, los cuales son liberados al agua como resultado de la extracción y procesamiento de minerales. De conformidad con la Resolución Jefatura N° 010-2016-ANA "Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales" aprobada por la Autoridad Nacional del Agua (ANA), los resultados del registro de parámetros de campo y análisis de laboratorio fueron comparados con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua

(Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM) de acuerdo con la Categoría 4: "Conservación del Ambiente Acuático" - Subcategoría E2: Ríos, correspondiente al río Parcoy. Los cuales sus parámetros son para el plomo 0,0025 mg/L y para el zinc 0,12 mg/L.

Por los antecedentes antes mencionados, se planteó responder la siguiente pregunta: ¿Qué efectos produce los adsorbentes de residuos lignocelulósicos en la remoción de Pb y Zn en aguas de río Parcoy- La Libertad, 2023?

De modo que, la justificación teórica, permitió aumentar el conocimiento sobre el manejo de residuos lignocelulósicos, que servirá para futuras investigaciones y diversas aplicaciones, que contribuyan a la recuperación de los recursos hídricos superficiales y que permitan mejorar la calidad de vida de la población. Además, en la justificación práctico ambiental, la investigación sirve para demostrar la efectividad de técnicas de adsorción novedosas, como métodos de acción práctico y sustentable, facilitando la recuperación del agua en el Río Parcoy. Finalmente, la justificación social beneficia a miembros de las poblaciones cercanas al río Parcoy, quienes requieren de una alternativa rentable que pueda ser puesta en práctica, para revalorizar sus residuos, y mejorar las condiciones de sus recursos naturales. Estos materiales naturales conforman una alternativa sostenible y económica de transportar y adquirir, ya que se pueden obtener de forma local de manera abundante, lo que reduce el impacto ambiental asociado con su adquisición.

Así mismo el objetivo general consistió en evaluar los efectos que produce los adsorbentes de residuos lignocelulósicos en la remoción de Pb y Zn en aguas de río Parcoy- La Libertad, 2023; así mismo, los objetivos específicos propuestos fueron: Evaluar el efecto de la dosis y el tiempo de contacto del adsorbente de residuo lignocelulósico de fibra de coco en la remoción de Pb y Zn en aguas de río Parcoy; evaluar el efecto de la dosis y el tiempo de contacto del adsorbente de residuo de pajilla de arroz en la remoción de Pb y Zn en aguas de río Parcoy; evaluar la efectividad en la remoción de Pb y Zn con los adsorbentes de fibra de coco y pajilla de arroz en aguas de río Parcoy.

Finalmente, la hipótesis planteada es: El tipo de biocarbón, la dosis y el tiempo de contacto si afecta en la remoción de plomo y zinc presentes en aguas del río Parcoy.

II. MARCO TEÓRICO

Prabha (2022), estudió el uso de adsorbentes lignocelulósicos en la eliminación de metales pesados de aguas residuales mineras con una metodología experimental para analizar el pH del agua y los materiales utilizados, según tiempo de exposición y dosis. Por ello, obtuvo que, para en el tiempo de 1h, existe efectividad de remoción de 42,46mg/g en diversos metales, y estabilizando el pH a 6.8. Los hallazgos mostraron que los adsorbentes tuvieron una mayor eficiencia de remoción de metales pesados que los adsorbentes convencionales como la alúmina activada y arenas. Además, se encontró que una dosis de adsorbente de 0,5 g/L, en un tiempo de 3h, proporcionaron mejores resultados en la remoción de metales pesados de zinc y plomo; lo que permite concluir que los adsorbentes modificados pueden ser una alternativa prometedora y eficaz para la remoción de metales pesados de soluciones acuosas.

Tho, Tap, Huong y Kien (2021) elaboraron biocarbón a partir de la cáscara de raíz de mandioca con nano partículas de ZnO-NP encontrando mejores resultados con la proporción de 3 % p/p de ZnO-NP con Ph DE 6-7, 60 minutos de contacto, en una concentración inicial de metal de 80mg L. El biocarbón de cascara de raíz de yuca alcanzo 115,11 mg g⁻¹ de capacidad de absorción y, con 3 % de ZnO-NP alcanzó 154,21 mg g⁻¹. La tendencia de absorción de los metales es Pb (II) > Cd(II) > As(III) > Cr(VI).

En su investigación, Sánchez y Moreira (2021), estudiaron la efectividad de diversos métodos de adsorción, para metales pesados como cobre, plomo y también el zinc. De esto obtuvieron que existe una capacidad de adsorción máxima de 980.90 mg/g para los residuos lignocelulósicos, además de lograr un pH de 7.4 y un tiempo de trabajo de 1h, lo que significa que dichos residuos poseen un mayor resultado, siendo recomendada una técnica mixta para futuros trabajos, modificando su eficiencia según la materia utilizada, la dosis de adsorbente, el tiempo de remoción y la velocidad de agitación. Además, se observó que el tiempo de remoción y la velocidad de agitación afectaron significativamente la cinética de adsorción.

La investigación de Asadu, Chinonso y Chijioke (2021), estudió si los residuos lignocelulósicos tienen efectividad para adsorber diversos residuos de metales pesados, en aguas contaminadas por petróleo. De esto, consiguieron un 96,4% de adsorción, en un tiempo de trabajo 1h, dejando el pH del agua a 6.8. En estos resultados se observó que la dosis de adsorbente y el tiempo de remoción tuvieron un efecto significativo en la eficiencia de remoción de contaminantes, mientras que la velocidad de agitación no mostró una influencia significativa en el proceso de adsorción. Así, se concluye que el bioadsorbente (de fibra de coco y arroz) tiene un gran potencial para ser utilizado como una alternativa viable y económica para la remediación de agua contaminada con petróleo crudo.

El estudio de Fonseca, Albis y Rincón (2018) determinó la efectividad de adsorción de residuos lignocelulósicos en aguas contaminadas con zinc, en la ciudad Atlántico. En sus resultados, se observó que existe un rango de trabajo de al menos 1h, con una capacidad de adsorción por cada 50 mililitros, que superó los 4.904mg/g, lo que significa que la técnica es adecuada para el desarrollo de propuestas de limpieza a mediana y gran escala. Además, la cantidad de adsorbente utilizado, la dosis de adsorbente, el tiempo de remoción y la velocidad de agitación fueron factores clave en la eficacia del proceso de adsorción. Así, se concluye que estos residuos tienen un gran potencial como adsorbentes de metales pesados.

Furaeli, Shilla, y Ferdinand (2021) describen que algunos metales disueltos en el agua son fácilmente absorbidos por los peces y otros organismos acuáticos, y pueden ser tóxicos incluso en pequeñas concentraciones porque se bioacumulan. Esta toxicidad puede producir efectos adversos para la conservación, el desarrollo, el metabolismo y actividad reproductiva de un organismo, y alterar o degradar el hábitat natural y puede conducir a la disminución de la biodiversidad acuática.

Li et al. (2021) menciona que el recurso hídrico contaminado por algún metal pesado, se denota por la presencia de cationes y aniones, que son difíciles de degradar en sustancias ecológicas por biodegradación. Gradualmente,

estos metales son absorbidos por los organismos, y luego se integran en la secuencia nutritiva, causando así peligros tóxicos para los organismos y eventualmente poniendo en peligro la salud humana.

Sugandha et al. (2022) menciona que el plomo y el zinc generalmente están disponibles en formas inorgánicas y orgánicas, aunque incluyen sales solubles e insolubles en agua, como el acetato y el óxido. En humanos y animales, la exposición y la ingestión a estos metales, puede tener efectos significativos en la salud neurológica, del desarrollo, inmunitaria y renal. Por su parte, Gupta et al (2022) menciona que, para el ecosistema acuático natural, la contaminación por metales pesados devasta el equilibrio ecológico, así como la diversidad de organismos acuáticos. Además, los sedimentos contaminados con metales pesados logran amenazar a la diversidad, en la que se incluyen los gusanos, crustáceos e insectos en el ambiente béntico e incluso, logran matar a los organismos bénticos, lo que resulta en una reducción significativa de la disponibilidad de alimento para animales más grandes.

Sobre la segunda variable, residuos lignocelulósicos son definidos por Asim et al (2020) como componentes que se obtienen de la madera y plantas naturales, y están compuestos por lignina y agregados celulósicos. Estos son generados en grandes cantidades por desechos en todo el mundo a partir de diversas actividades humanas.

Para Ebrahimi et al. (2022) son un conjunto de residuos que actualmente son aprovechados en diversas actividades. Por ejemplo, después de la cosecha, una gran cantidad de paja, que se estima en más que la cosecha en sí, queda disponible como desecho. Esto difiere según los alimentos; por ejemplo, al cosechar el arroz, se corta la parte superior del tallo del arroz junto con 3-5 hojas, lo que deja al resto de la planta como residual (1.5 a 2 toneladas de cascarilla de arroz por cada tonelada de arroz). Además, al cosechar avellanas, una gran cantidad de sus cáscaras se deshecha; lo mismo que sucede con el coco, dado que su parte externa se vuelve fibrosa con la madurez (10 a 20 toneladas de residuos de coco por hectárea al año). Un

ejemplo adicional, son las palmeras, que tienen una vida productiva de 25-30 años, pero generan como residuos unos 500-600 kg de troncos y hojas por árbol (Hussain et al., 2022).

Viscusi, Lamberti y Gorrasi (2022) mencionan que los residuos agrícolas y el material celulósico están emergiendo por su gran potencial para la depuración de efluentes como sustitutos de adsorbentes de alto costo. Además, algunos contenidos extraídos del agua, el etanol, y el azúcar de la hemicelulosa, varían según las subunidades de lignina, lo que da lugar a la generación de ácidos orgánicos como el ácido levulínico, el ácido fórmico, y el ácido acético.

Zhang, Manzoor, Hassan, Tsiklauri y Song (2021) menciona que la biomasa lignocelulósica representa un importante recurso renovable neutral en carbono para la producción de bioenergía y biomateriales. Esto, debido a que enormes reservas de lignocelulosa de residuos agroforestales, cultivos, desechos agrícolas, pastos y algas, se pueden utilizar como sustituto de los adsorbentes convencionales (carbón activado, sílice, etc.), y otros adsorbentes poliméricos sintéticos, debido a sus propiedades biodegradables y características de adsorción similares.

Valdés et al. (2022) menciona que los biomateriales pueden ser utilizados en la producción de adsorbentes, contribuyendo así a reducir la generación de residuos sólidos. Esto, debido a que el precio de elaboración de productos adsorbentes se ha

incrementado, abriéndose una necesidad por identificar precursores alternativos que sean abundantes, renovables y de bajo costo de procesamiento, para enfrentar los desafíos actuales de la contaminación. El autor señala que los bioadsorbentes se componen principalmente de: semillas, vainas de manzana, aserrín, tallos de cilantro, cáscara de coco, paja de arroz, hojas de eucalipto, pasto vetiver, teca y karité, semillas de roble, panel de madera contrachapada de desecho, bagazo de malta, madera, raíces, corazón de nuez, residuos de maíz, piel de plátano, bellota de nuez, y flor algodón vacía. Así, la disponibilidad de estos precursores es amplio,

debido sustancialmente debido al ambiente regional o actividades económicas locales.

Para Hoang et al. (2022), estos residuos agrícolas también pueden convertirse en varios bioproductos de alto valor, como biocombustibles, bioaceites, biogás y biosólidos, así como en materiales con potencial de actuar como dispositivos de almacenamiento de energía y residuos, debido a su composición, que consta de tres componentes principales: hemicelulosa, celulosa y lignina. Dependiendo de su naturaleza, estos componentes se pueden encontrar en concentraciones variables que pueden afectar las características de los metales pesados, generando ventajas en la disponibilidad, asequibilidad, renovabilidad y respeto al medio ambiente para los métodos de adsorción.

Brizi, Martínez, Paranhos y García (2019) mencionan que el material lignocelulósico está formado por fibras naturales, y está compuesta predominantemente por estructuras poliméricas naturales de lignina, celulosa y hemicelulosa. Estos polímeros naturales junto con los polifenoles, pectinas y proteínas presentes en menor cantidad son los responsables del proceso de adsorción que se produce con los iones metálicos en soluciones acuosas.

Cardoso, Catone y Alves (2021) mencionan que este material es una masa pura orgánica de mayor presencia en el planeta, y se compone de lignina, celulosa, y hemicelulosas, así como de componentes menores como polifenoles, pectina y proteínas. Así, son residuos de polímeros lignocelulósicos que se forman por la combinación única de polímeros de carbohidratos (celulosa, hemicelulosa), polímeros aromáticos (lignina) y proteínas (pectina), ceras y otros compuestos solubles en agua.

Jiang et al. (2020) describe la lignocelulosa como el polímero natural más abundante de tipo hidroxilo terrestre, que suele modificarse fácilmente para mejorar su rendimiento, por lo que existen una gran variedad de adsorbentes lignocelulósicos, como bagazo, paja, cascarilla de arroz y trigo, aserrín, cáscara de naranja, maíz, nuez, paja, toronja, maní, cáscara de coco, etc. Una mayoría de adsorbentes lignocelulósicos, se preparan en forma de polvo

o fibra para aumentar el área superficial específica; sin embargo, los adsorbentes en polvo y fibrosos tienen problemas de separación en el reciclaje de agua.

Finalmente, Rawat, Bhadauria y Singh (2021) describen la adsorción, como la eliminación de metales pesados que se logra mediante intercambio iónico, electrocoagulación, floculación, precipitación química, ósmosis inversa y adsorción; por lo tanto, la adsorción es una técnica competente para remediar estos metales presentes en aguas subterráneas y aguas residuales industriales debido a su viabilidad económica, consumo de energía insignificante y casi ninguna producción de subproductos químicos y lodos

Kharrazi et al. (2021) describe que la adsorción con residuos orgánicos, es un método prometedor para la descontaminación de medios acuosos debido al uso de materiales naturales disponibles localmente, la simplicidad de operación, la baja generación de lodos tóxicos y su menor costo de inversión. Ello, debido a que la composición de los desechos lignocelulósicos es hemicelulosa, celulosa, lignina y extractivos; aun así, la mayoría de los autores utilizan estos materiales como adsorbentes de metales tóxicos en su forma catiónica.

Para Abu et al. (2021), los principales constituyentes de los materiales lignocelulósicos contienen varios grupos funcionales que juegan un papel esencial en la adsorción de metales. Este mecanismo por el cual los metales pesados se adsorben, implica la formación de complejos en la superficie, el intercambio iónico, la adsorción física en sitios de la superficie, la interacción electrostática y la precipitación en la superficie.

Zambrano et al. (2022) menciona que la adsorción es una técnica de pulido importante que se ha empleado para eliminar arsénico y otros elementos tóxicos en fábricas de procesamiento del recurso hídrico y residuos líquidos, ya que ofrece mayor flexibilidad de implementación y operación, produciendo efluentes tratados de alta calidad. Por su parte, según Liu et al. (2022), la mayoría de los residuos lignocelulósicos son pretratados y/o modificados químicamente para aumentar su capacidad de adsorción y mejorar sus

propiedades fisicoquímicas, preparándose mediante reacciones con soluciones ácidas y/o básicas, impregnación con iones metálicos u óxidos metálicos y reacciones con compuestos orgánicos. A pesar de ello, algunos pocos se aplican en su forma cruda, para remover metales.

Para Nizzy y Kannan (2022), se logra una máxima adsorción de material lignocelulósico cuando el pH del sistema de adsorción se mantiene entre 5 y; sin embargo, en algunas ocasiones, debido al pH del efluente y la carga de contaminantes, el sistema de adsorción se mantiene en un pH ácido óptimo para lograr la máxima adsorción.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación fue básica, porque tuvo como propósito generar nuevos conocimientos acerca del manejo de residuos lignocelulósicos carbonizados y su efecto en la remoción de Pb y Zn.

El diseño de investigación fue experimental puro porque se manipulo las variables independientes para lograr los objetivos propuestos.

3.2. Variables y operacionalización

Se consideró como variables independientes al tipo de residuo lignocelulósico, tiempo de contacto y la dosis aplicada.

Como variable dependiente se considera la adsorción de Pb y Zn en agua, una variable unidimensional que incluye las propiedades físicas del proceso: porcentaje de remoción de plomo, porcentaje de remoción de zinc, y pH.

3.3. Población (criterios de selección), muestra, muestreo, unidad de análisis.

Población: Se consideró como población al caudal de nivel intermedio del río de Parcoy del sector Llacuambamba, distrito de Parcoy, provincia de Pataz, departamento La Libertad.

Muestra: Estuvo conformada por 10 litros de agua del rio Parcoy, obtenido alrededor del sector poblado de Llacuabamba, identifico con sus correspondientes coordenadas: Rparcoy (S - 8.032247, Oeste -77.455988), distrito de Parcoy, provincia de Pataz. El periodo de muestreo fue en mayo del 2023, en temporadas de verano.

PUNTO DE MONITOREO	DESCRIPCIÓN	ZONA	SUR	OESTE
RParcoy1	Río Parcoy del sector Llacuambamba, distrito de Parcoy, provincia de Pataz, departamento La Libertad.	UTM	-8.032247	-77.45599

Muestreo: El muestreo que se utilizó es el método no probabilístico por conveniencia, obteniendo la cantidad de muestra requerida, según su disponibilidad sin imponer requisitos específicos que facilitaron el trabajo por los investigadores. Siguiendo a la Autoridad Nacional del agua (2016), según la Resolución Jefatural N° 010_2016-ANA.

Unidad de análisis: Recipiente de 14 cm de largo y 12 cm de ancho con capacidad máxima 500 ml de agua donde se aplicaron los tratamientos (dosis y tiempo) de biocarbón obtenido a partir de los residuos de fibra de coco y pajilla de arroz tratados térmicamente.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica que se empleó fue la observación experimental directa, ya que permitió una apreciación sistemática de la información del fenómeno estudiado; trabajo de campo y la toma de muestras.

Los instrumentos utilizados fueron 3 fichas de observación validadas por calibración de experto, incluyendo ficha de campo y registro de cambios (la primera sobre los datos iniciales obtenidos, la siguiente sobre las características de los adsorbentes y su proceso, y la última para registrar los resultados). En cuanto a la validez de estos instrumentos, fueron sometidos a verificación, mientras que la confiabilidad fue obtenida por medio de la observación y la referencia de algunos estudios previos.

3.5. Procedimientos

Recolección del agua en el río Parcoy

Inicialmente, se localizó el punto de muestreo con coordenadas por parte del Sur - 8.032247 y por el Oeste -77.455988, la recolección de la muestra de agua fue en el mes de mayo del 2023, con estación verano. Las muestras fueron etiquetadas, almacenadas y conservadas en un cooler para ser derivadas al laboratorio. Siguiendo el protocolo nacional de monitoreo de la calidad de Recursos Hídricos Superficiales (Autoridad Nacional del Agua, 2016).

Con una cantidad de muestra analizamos el pH y la turbidez, la cual inicio con un pH de 8.52 y una turbidez (NTU) de 1.28 estos fueron medidos en un pH-metro de modelo Orion Star A111 y marca Thermo scientific y el turbidímetro de marca LaMotte.

Procedimiento de obtención de biocarbón de residuos lignocelulósicos y pruebas experimentales

Se recolecto 5 kg de fibras de coco y pajilla de arroz para la preparación del material adsorbente. Se acondicionó limpiándolo con agua destilada, y luego se procedió a secar durante 24 horas, la cual se registraron sus características iniciales, después se procedió a la carbonización a una temperatura de 300°C y 400°C por un tiempo 2 y 1 hora respectivamente (Abdul et al, 2020; Deng et al, 2019). Se homogenizó y se pesó según la dosis por cada prueba a 2,5 y 5 g por cada adsorbente (Celebi, 2020; Arias et al, 2017). El agua del rio se colocó en un vaso de precipitación de 500ml de contenido, luego se agregó según la dosis de prueba, para 2,5 g se agregó en un vaso de medio litro de agua del río Parcoy aplicando el biocarbón, para la dosis de 5 g se agregó un vaso de medio litro de agua aplicando el biocarbón, estos vasos se colocaron en un banco de agitadores mecánicos, donde se reguló la velocidad a 100 revoluciones por minuto (rpm). Se evaluó el tiempo de remoción 1, 3, 12 horas. Luego del tiempo de agitación, se procedió a filtrar la solución y se obtuvo una muestra para análisis químico por absorción atómica, y además se midió pH y turbidez. Finalmente, una vez registrados todos estos datos, se procedió al análisis de los resultados, comparando las dosis de adsorbente, así como los tiempos de exposición de 1, 3 y 12 horas (Cardoso et al, 2021; Kharrazi et al, 2021).

Tabla 1 Diseño experimental bifactorial.

Dosis (g)	Fibra de coco			Pajilla de arroz		
	Tiempo de contacto (h)			Tiempo de contacto (h)		
	1	3	12	1	3	12
2.5	2,5 – 1	2,5 – 3	2,5 – 12	2,5 – 1	2,5 – 3	2,5 – 12
5.0	5,0 – 1	5,0 – 3	5,0 – 12	5,0 – 1	5,0 – 3	5,0 – 12

Elaboración: Propia

El porcentaje de remoción se calculó con la fórmula:

$$\text{Remoción (\%)} = \left(\frac{C_i - C_f}{C_i} \right) * 100$$

3.6. Método de análisis de datos

Se desarrolló un método comparativo. Los resultados de laboratorio se organizaron y analizaron en el software estadístico avanzado SPSS versión 27, a través de la estadística descriptiva se obtuvieron las medidas de dispersión y tablas de frecuencia; así mismo, en el análisis inferencial se realizaron las pruebas de normalidad e igualdad de varianza ejecutando el análisis de varianza para determinar la existencia de diferencias estadísticas al 5 % de significación.

Tabla 2 Representación de los factores, tratamientos y unidades experimentales para el análisis de varianza con 2 factores.

Factor D: Dosis (g) = 3(D ₁ =0, D ₂ =2.5, D ₃ =5)		
Factor T: Tiempo (t) = 3(T ₁ =1, T ₂ =3, T ₃ =12)		
Tratamientos: 9	}	D ₁ T ₁ D ₂ T ₁ D ₃ T ₁
		D ₁ T ₂ D ₂ T ₂ D ₃ T ₂
		D ₁ T ₃ D ₂ T ₃ D ₃ T ₃
Unidades experimentales = 6 * 2 = 12		
Cada unidad experimental = 1 vaso con 500 ml de agua		

El análisis de varianza de la adsorción de residuos y la remoción de Pb y Zn se realizó con 2 factores. El factor dosis con 2 niveles y el factor tiempo con 3 niveles haciendo un total de 12 unidades experimentales por tipo de carbón. En este caso: CA1=Fibra de coco, CA2=Pajilla de arroz.

Para contrastar las hipótesis se calcularon los valores esperados de los distintos cuadrados medios, considerando la interacción: Dosis x Tiempo, bajo los siguientes enunciados:

H_0 : → No existe efecto significativo en la dosis y tiempo de contacto en la remoción de Pb y Zn en aguas de río Parcoy.

H_1 : → Existe efecto significativo en la dosis y tiempo de contacto en la remoción de Pb y Zn en aguas de río Parcoy.

Regla de decisión: Rechazar H_0 si el estadístico F cae en la zona crítica. Mantener H_0 en caso contrario.

3.7. Aspectos éticos

En la investigación se respetó la guía de elaboración del proyecto de la Universidad César Vallejo y se aplicó las normas ISO para la redacción de las citas y referencias adecuadamente, así mismo, se garantizó una investigación libre de cualquier falta ética en los análisis y resultados ya que fueron realizados con todas las medidas de seguridad para no ocasionar daño a los recursos naturales, asegurando que la diversidad de la fauna y flora en el contexto en el que se investigó, se mantenga y sea resguardada. Por otro lado, se basó en criterios como la originalidad y confidencialidad para los datos obtenidos.

IV. RESULTADOS

4.1. Efecto de la dosis y el tiempo de contacto del adsorbente biocarbón obtenido de fibra de coco.

Tabla 3 Evaluación del biocarbón de fibra de coco y pajilla de arroz en la remoción en aguas del río Parcoy.

Residuo lignocelulósico	Dosis de residuo lignocelulósico (g)	Tiempo (h)	Pb inicial (ppm)	Zn inicial (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Remoción de Pb (%)	Remoción de Zn (%)
Fibra de coco	2.5	1	2.340	4.200	0.651	0.468	72.18	88.86
	2.5	3	2.340	4.200	0.517	0.209	77.91	95.02
	2.5	12	2.340	4.200	0.368	0.148	84.27	96.48
	5	1	2.340	4.200	0.976	0.502	58.29	88.05
	5	3	2.340	4.200	0.773	0.361	66.97	91.40
	5	12	2.340	4.200	0.512	0.312	78.12	92.57
Pajilla de arroz	2.5	1	2.340	4.200	0.171	0.133	92.69	96.83
	2.5	3	2.340	4.200	0.112	0.091	95.21	97.83
	2.5	12	2.340	4.200	0.072	0.053	96.92	98.74
	5	1	2.340	4.200	0.289	0.498	87.65	88.14
	5	3	2.340	4.200	0.193	0.173	91.75	95.88
	5	12	2.340	4.200	0.101	0.129	95.68	96.93

Fuente: Elaboración Propia

H₁: Existe una diferencia significativa del biocarbón a diferentes dosis y tiempo.

H₀: No Existe una diferencia significativa del biocarbón a diferentes dosis y tiempo.

Tabla 4 Estadísticos descriptivos en base a las concentraciones de Pb y Zn en agua de río de Parcoy con aplicación de biocarbón de fibra de coco.

Dosis (g)	Tiempo (h)	Media		Desv. típica	
		Pb (ppm)	Zn (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)
0	1	2.34	4.20	0.00000	0.00000
	3	2.34	4.20	0.00000	0.00000
	12	2.34	4.20	0.00000	0.00000
2.5	1	0.65	0.47	0.00707	0.00707
	3	0.51	0.23	0.00707	0.01414
	12	0.36	0.13	0.00707	0.00707
5	1	0.97	0.50	0.00707	0.00707
	3	0.77	0.37	0.00707	0.00707
	12	0.51	0.32	0.01414	0.01414

Nota. Base de datos SSPS v.27

En la tabla 4, se puede observar las diferentes dosis las cuales tienen valor de 0, 2.5 y 5 gramos. Por otro lado, los tiempos que tienen valor diferente de 1, 3 y 12 horas respectivamente. Las concentraciones encontradas sin dosis de biocarbón fueron de 2.34 ppm de Pb y 4.20 ppm de Zn. Eso quiere decir que su desviación típica varía según su dosis y no pasa de 1 %.

Tabla 5 Prueba de efectos intra-sujetos esfericidad asumida en base a las concentraciones de Pb y Zn en agua de río de Parcoy con aplicación de biocarbón de fibra de coco.

Origen	Suma de cuadrados-III	Gl	Media cuadrática	Sig.	Eta parcial ²	Potencia observada ^a
Dosis	27.708	2	13.854	0.000	1.000	1.000
Tiempo	0.259	2	0.130	0.000	0.999	1.000
Dosis * Tiempo	0.131	4	0.033	0.000	0.995	1.000

Nota. Base de datos SSPS v.27

La prueba de efectos evidencia la existencia de diferencias estadísticas altamente significativas entre las diferentes condiciones de los tratamientos puesto que p-valor ($p=0.000$) es menor al nivel de significancia. La Eta parcial nos indica que el 100 % de las variaciones en la dosis se deben al experimento en sí, en cuanto al tiempo y a la interacción dosis * tiempo existiría es < 0.0001 de error.

Tabla 6 Prueba de comparación de dosis en mejor remoción con el biocarbón fibra de coco.

Elemento	Dosis (g)	Medias	N	E.E.	
Pb	5	1.59	6	0.03	A
	2.5	1.83	6	0.03	B
Zn	5	3.80	6	0.03	A
	2.5	3.92	6	0.03	B

La prueba LSD Fisher evidencia que las medias obtenidas entre las dosis 2.5g y 5g son diferentes significativamente.

4.2. Efecto de la dosis y el tiempo de contacto del adsorbente biocarbón obtenido de pajilla de arroz.

Tabla 7 Estadísticos descriptivos en base a las concentraciones de Pb y Zn encontrada en agua de río de Parcoy después de la aplicación de biocarbón de pajilla de arroz.

Dosis (g)	Tiempo (h)	Media		Desv. Típica	
		Pb (ppm)	Zn (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)
0	1	2.34	4.20	0.00000	0.00000
	3	2.34	4.20	0.00000	0.00000
	12	2.34	4.20	0.00000	0.00000
2.5	1	0.17	0.12	0.01414	0.00707
	3	0.11	0.09	0.01414	0.00707
	12	0.07	0.07	0.01414	0.01414
5	1	0.28	0.47	0.02121	0.02121
	3	0.19	0.17	0.02121	0.00707
	12	0.10	0.10	0.01414	0.01414

Nota. Base de datos SSPS v.27

En la tabla 7, se muestra las concentraciones de Pb y Zn en el agua de río de Parcoy, los cuales varían según dosis y tiempo de contacto del biocarbón. Las concentraciones encontradas sin dosis de biocarbón fueron de 2.34 ppm de Pb y 4.20 ppm de Zn. La desviación típica cambia al aplicar unas dosis diferentes. Y la media es el promedio de la mejor remoción de cada metal.

Tabla 8 Prueba de efectos intra-sujetos esfericidad asumida en base a las concentraciones de Pb y Zn en agua de río de Parcoy con aplicación de biocarbón de fibra de coco.

Origen	Suma de cuadrados-III	Gl	Media cuadrática	Sig.	Eta parcial ²	Potencia observada ^a
Dosis	77.210	2	38.605	0.000	1.000	1.000
Tiempo	0.080	2	0.040	0.000	.988	1.000
Dosis * Tiempo	0.085	4	0.021	0.000	.988	1.000

Nota. Base de datos SSPS v.27

La prueba de efectos evidencia la existencia de diferencias estadísticas altamente significativas entre las diferentes condiciones de los tratamientos puesto que p-valor es menor al nivel de significancia de 1 %. La Eta parcial nos indica que el 100 % de las variaciones en la dosis se deben al experimento en sí. en cuanto al tiempo y a la interacción dosis * tiempo existiría 0.1 % de error.

Tabla 9 Prueba de comparación de dosis en mejor remoción con el biocarbón pajilla de arroz.

Elemento	Dosis (g)	Medias	N	E.E.	
Pb	5	2.15	6	0.01	A
	2.5	2.22	6	0.01	B
Zn	5	3.94	6	0.04	A
	2.5	4.11	6	0.04	B

La prueba LSD Fisher evidencia que las medias obtenidas entre las dosis 2.5g y 5g son diferentes significativamente.

4.3. Efectividad del adsorbente de residuos lignocelulósicos en la remoción de Pb y Zn en aguas de río Parcoy-La Libertad.

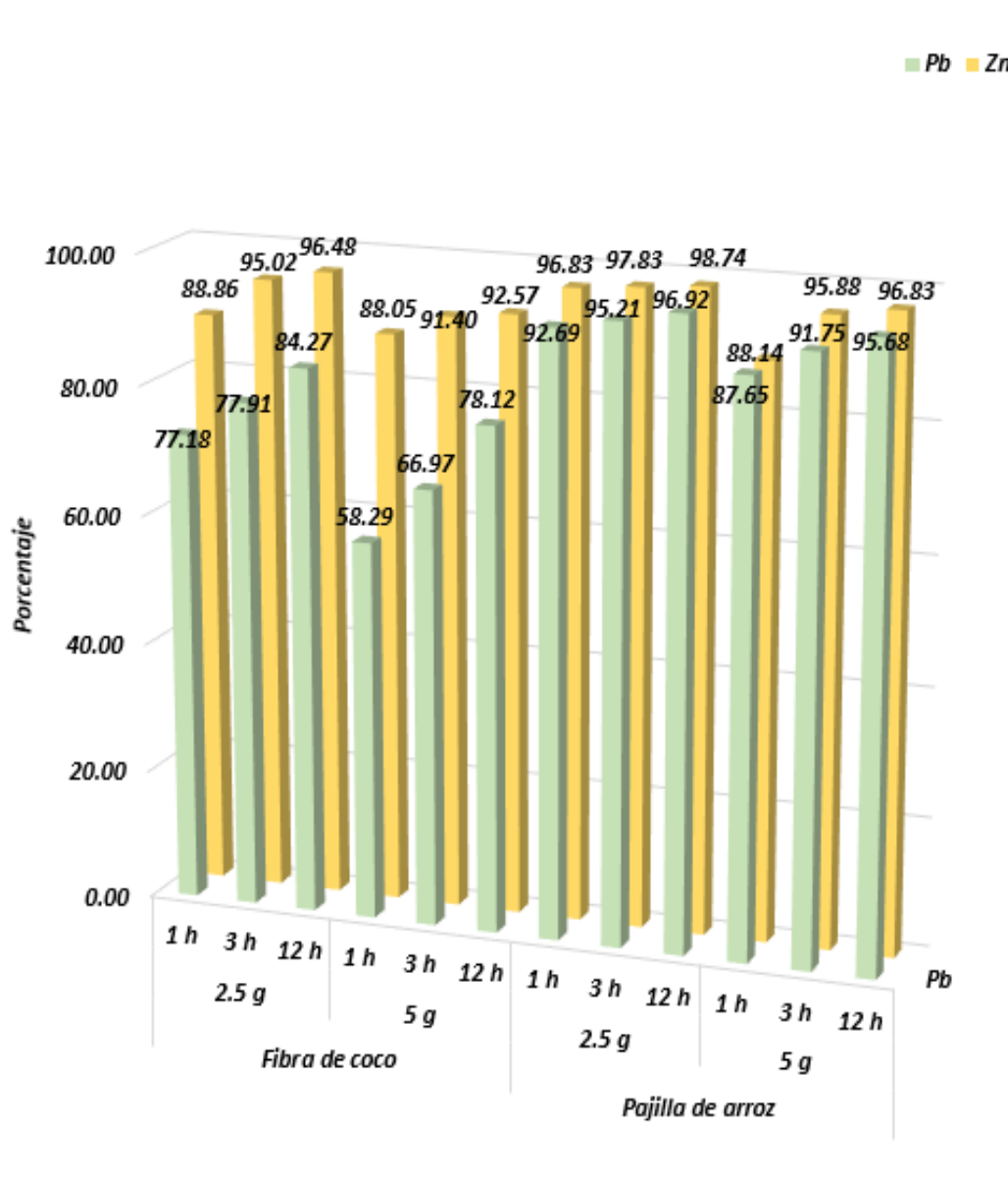
Tabla 10 Estadísticos descriptivos en base al valor porcentual de remoción de Pb y Zn en agua de río de Parcoy.

	Dosis (g)	Tiempo (h)	Media		Desv. típica		Varianza	
			Pb (%)	Zn (%)	Pb (%)	Zn (%)	Pb (%)	Zn (%)
Fibra de Coco	2.5	1	72.18	88.86	0.27	0.18	0.072	0.034
		3	77.91	95.02	0.27	0.37	0.072	0.135
		12	84.27	96.48	1.79	0.16	3.200	0.026
	5 g	1	58.29	88.05	0.12	0.12	0.014	0.014
		3	66.97	91.40	0.45	0.16	0.205	0.163
		12	79.12	92.57	0.21	0.28	0.205	0.080
Pajilla de Arroz	2.5	1	92.69	96.83	0.54	0.21	0.296	0.042
		3	95.21	97.83	0.66	0.11	0.442	0.013
		12	96.92	98.74	0.60	0.32	0.361	0.101
	5 g	1	87.65	88.14	0.93	0.42	0.871	0.180
		3	91.75	95.88	1.03	0.08	1.066	0.007
		12	95.68	96.93	0.69	0.33	0.480	0.110

Nota. Base de datos SSPS v.27

En la tabla 10, se muestran los porcentajes de remoción de Pb y Zn en el agua de río de Parcoy, los cuales varían según dosis y tiempo de contacto del biocarbón.

Figura 1 Distribución de los valores porcentuales de las concentraciones de Pb y Zn en agua de río Parcoy con la aplicación de residuos lignocelulósicos.



En la figura 10, se muestra los valores porcentuales de las concentraciones de Pb y Zn en el agua de río de Parcoy con la aplicación de biocarbón de fibra de coco y pajilla de arroz, los cuales varían según dosis (2.5 g y 5 g) y tiempo de aplicación (1 h, 3 h y 12 h).

A la luz de los datos la pajilla de arroz muestra los resultados más alto en los valores porcentuales siendo el residuo más efectivo de remoción de Pb y Zn.

4.4. Efectos de los adsorbentes de residuos lignocelulósicos en la remoción de Pb y Zn en aguas de río Parcoy - La Libertad. 2023

Tabla 11 Estadísticos descriptivos de las concentraciones de Pb y Zn en agua de río de Parcoy con aplicación de biocarbón.

Dosis (g) * Tiempo (h)	Tipo de biocarbón	Pb (g)		Zn (g)	
		Media	Desviación	Media	Desviación
0 * 1	Pajilla de arroz	2.3400	0.00000	4.2000	0.00000
	Fibra de coco	2.3400	0.00000	2.3400	0.00000
	Total	2.3400	0.00000	3.2700	1.07387
0 * 3	Pajilla de arroz	2.3400	0.00000	4.2000	0.00000
	Fibra de coco	2.3400	0.00000	2.3400	0.00000
	Total	2.3400	0.00000	3.2700	1.07387
0 * 12	Pajilla de arroz	2.3400	0.00000	4.2000	0.00000
	Fibra de coco	2.3400	0.00000	2.3400	0.00000
	Total	2.3400	0.00000	3.2700	1.07387
2.5 * 1	Pajilla de arroz	0.1600	0.01414	0.1250	0.00707
	Fibra de coco	0.6450	0.00707	0.4750	0.00707
	Total	0.4025	0.28016	0.3000	0.20216
2.5 * 3	Pajilla de arroz	0.1200	0.01414	0.0950	0.00707
	Fibra de coco	0.5150	0.00707	0.2200	0.01414
	Total	0.3175	0.22824	0.1575	0.07274
2.5 * 12	Pajilla de arroz	0.0800	0.01414	0.0600	0.01414
	Fibra de coco	0.3750	0.00707	0.1450	0.00707
	Total	0.2275	0.17056	0.1025	0.04992
5 * 1	Pajilla de arroz	0.2750	0.02121	0.4850	0.02121
	Fibra de coco	0.9750	0.00707	0.5050	0.00707
	Total	0.6250	0.40435	0.4950	0.01732
5 * 3	Pajilla de arroz	0.1750	0.02121	0.1750	0.00707
	Fibra de coco	0.7650	0.00707	0.3650	0.00707
	Total	0.4700	0.34088	0.2700	0.10985
5 * 12	Pajilla de arroz	0.1100	0.01414	0.1200	0.01414
	Fibra de coco	0.5200	0.01414	0.3200	0.01414
	Total	0.3150	0.23700	0.2200	0.11605

Nota. Base de datos SSPS v.27

En la tabla 11, se pueden observar las dosis de 0 g en un tiempo de 1,3 y 12 h con sus tipos de biocarbón pajilla de arroz y fibra de coco, de igual forma en la dosis de 2.5 en tiempos de 1,3,12 horas y por último la dosis de 5 g en tiempos de 1, 3 y 12 horas. En la desviación podemos ver que cambia a partir de la aplicación de la dosis diferente.

Tabla 12 Prueba de efectos intra-sujetos esfericidad asumida en base a las concentraciones de Pb y Zn en agua de río de Parcoy con aplicación de biocarbón.

Origen	Suma de cuadrados-III	gl	Media Cuadrática	Sig.	Eta parcial ²	Potencia observada ^a
Elemento	0.869	1	0.869	.000	1.000	1.000
Elemento * carbón activo	3.113	1	3.113	.000	1.000	1.000
Dosis	98.652	2	49.326	.000	1.000	1.000
Dosis * biocarbón	6.266	2	3.133	.000	1.000	1.000
Tiempo	0.313	2	0.156	.000	1.000	1.000
Tiempo * biocarbón	0.027	2	0.013	.000	1.000	1.000
Elemento * dosis	4.541	2	2.270	.000	1.000	1.000
Elemento * dosis * biocarbón	2.417	2	1.209	.000	1.000	1.000
Elemento * tiempo	0.008	2	0.004	.002	1.000	1.000
Elemento * tiempo * biocarbón	0.013	2	0.007	.001	1.000	1.000
Dosis * tiempo	0.180	4	0.045	.002	0.997	1.000
Dosis * tiempo * biocarbón	0.035	4	0.009	.000	0.983	.995
Elemento * dosis * tiempo	0.007	4	0.002	.001	0.868	1.000
Elemento * dosis * tiempo * biocarbón	0.047	4	0.028	.000	0.979	

Nota. Base de datos SSPS v.27

La prueba de efectos evidencia la existencia de diferencias estadísticas altamente significativas entre las condiciones de los tratamientos puesto que p-valor es menor al nivel de significancia de 5 %. A su vez, esto indica que el 100 % de las variaciones en las concentraciones de los elementos se deben al experimento en sí. Así, las concentraciones varían significativamente según el biocarbón, el tiempo de contacto y la dosis aplicada en el tratamiento.

Tabla 13 Prueba de comparación por parejas en base a las concentraciones de Pb y Zn en agua de río de Parcoy con aplicación de biocarbón.

	i	j	Diferencia de medias	Desv. Error	Sig
Dosis (g)	0	2.5	2.554	0.002	0.000
		5	2.406	0.004	0.000
	5	2.5	.148	0.002	0.000
Tiempo (h)	1	3	38.605	0.005	0.004
		12	0.040	0.004	0.000
	12	3	0.021	0.005	0.004

Nota. Base de datos SSPS v.27

La tabla 13, en cuanto a las comparaciones por parejas se evidencia que el p-valor (0.05) es menor que el nivel de significancia entre las 3 dosis y en los 3 tiempos experimentados por lo que se acepta las hipótesis:

- Existe diferencias estadísticamente significativas entre las concentraciones obtenidas de cada una de las dosis empleadas.
- Existe diferencias estadísticamente significativas entre las concentraciones obtenidas de cada uno de los tiempos de contacto.

Tabla 14 Resultados de pH y turbidez después de tratamiento de agua del Río Parcoy con residuos lignocelulósicos.

Tipo de residuos lignocelulósico	Dosis (g)	Tiempo (h)	pH	Turbidez (NTU)
Pajilla de arroz	2.5	1	7.09	3.35
	2.5	3	7.06	2.84
	2.5	12	7.04	4.88
	5	1	7.02	4.09
	5	3	6.97	4.99
	5	12	6.83	6.55
Fibra de coco	2.5	1	7.58	8.53
	2.5	3	7.68	12.3
	2.5	12	7.35	10.05
	5	1	7.67	8.84
	5	3	7.82	11.3
	5	12	7.64	10.34

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 14, se presenta los resultados de pH y turbidez obtenido por el tratamiento con residuos lignocelulósicos variando la dosis y el tiempo de contacto de tratamiento, en aguas del río de Parcoy, siendo los datos iniciales de pH 8.52. Y la turbidez (NTU) de 1.28.

Figura 2 Resultados promedio de pH por la variación de dosis de residuos lignocelulósicos.



En la figura 2, se presenta lo resultados de pH en promedio por las dosis de 2.5 g y 5 g de ambos residuos lignocelulósicos.

V. DISCUSIÓN

Referente al efecto de la dosis y el tiempo de contacto del biocarbón de residuos lignocelulósicos de fibra de coco, la tabla 3 evidencia las concentraciones más altas de 0.97 ppm de Pb y 0.51 ppm de Zn en las muestras de agua en las que se aplicó 5 g del biocarbón durante 1 hora; mientras que, las concentraciones más bajas de 0.14 ppm de Zn y 0.37 ppm de Pb se obtienen con 12 horas de contacto con una dosis de 2.5 g. A la luz de los datos Produce mejores resultados en la disminución de las concentraciones de Pb y Zn en una dosificación de 2.5 g con 12 horas de contacto. La investigación de Blas (2016) aportan conocimiento sobre los efectos del biocarbón a partir de la cáscara de coco en una remoción de 0.44 mg/l en un tiempo de 102 minutos. Ponce (2019) en su investigación encuentra que las condiciones aptas para la adsorción de plomo y hierro se obtienen con dosis de carbón 0.10g/25 ml, pH 7 y tiempo de contacto mayor a 90 minutos a más tiempo. Por tanto, los valores encontrados de hierro y plomo en el agua de consumo de la población en estudio fueron de 0.45 mg/l y 0.04 mg/l respectivamente en su muestra inicial. Concerniente a la acción en el hierro de 0.81 mg/l bajo a 0.6mg/l (90 minutos) y 0.45mg/l (120 minutos) lográndose reducir significativamente. En cambio, Singh y Waziri et al. (2019) estudiaron la adsorción de iones de metales pesados como Cd, Cr, Cu, Pb, Ni y Zn utilizando biocarbón a base de mazorca de maíz y cáscara de coco. Con base en los estudios de adsorción, se encontró que el orden de desempeño es Ni>Cr>Pb>Zn>Cu>Cd en el caso del carbón de mazorca de maíz, mientras que es Cu>Pb>Cr>Zn>Ni>Cd en el caso del carbón de cascara de coco. Así mismo, Blas (2019) evidencia buenos resultados al implementar filtros múltiples a base de gravas, carbón de cascara de coco y arena con el método de aireación y filtración para remover estos metales del agua (Fe y Mn) mediante la adsorción. Los mejores resultados se obtuvieron con el biocarbón de la cáscara de coco en polvo con un tiempo de retención de 90 minutos.

Referente al efecto de la dosis y el tiempo de contacto del biocarbón de residuos lignocelulósicos de pajilla de arroz, la tabla 6 y 7 evidencia las

concentraciones más altas de 0.28 ppm de Pb y 0.49 ppm de Zn en las muestras de agua en las que se aplicó 5 g del biocarbón durante 1 hora; mientras que, las concentraciones más bajas de 0.08 ppm de Zn y 0.06 ppm de Pb se obtienen con 12 horas de contacto con una dosis de 2.5 g.

Produce mejores resultados en la disminución de las concentraciones de Pb y Zn en una dosificación de 2.5 g con 12 horas de contacto. Hanum, Bani y Li (2017) y Liu Zhiyuan son los estudios con aplicación de biocarbón a partir de pajilla de arroz que obtienen resultados satisfactorios en la adsorción de metales. Hanum, Bani y Li (2017) utilizaron la cascara de arroz para remover el Pb en aguas residuales de baterías de automóvil. Sus resultados evidencian la mejor capacidad de este carbón se obtiene a 500°C en 150 minutos, contenido de humedad de 4.86 %, 30.04 % de contenido de cenizas, 15.76 % de contenido de sustancias volátiles y 49.33 % de contenido de carbono. La concentración inicial de aguas residuales fue de 10.3437 mg/l reduciéndose después de la adsorción a 4.6706 mg/l. Se evidencia la capacidad de adsorción de 0,56731 mg/g y 54,85 % de eliminación. En cuanto a la investigación de Liu Zhiyuan (2020) preparó biocarbón derivado de la cáscara de arroz a 850 °C durante 1 hora. Así mismo, considero en su investigación las influencias del tiempo de contacto, la concentración inicial de Hg (II), la dosis de adsorbente, el pH y la fuerza iónica en la eliminación de iones de mercurio. Los resultados revelaron que la capacidad máxima de eliminación fue de 55,87 mg/g después de 5 ciclos de regeneración.

En cuanto a la tabla 9 y figura 1, la efectividad de los absorbentes de residuos lignocelulósicos; en el caso del biocarbón de fibra de coco, los valores de remoción más altos 85.54 % de Pb y 96.56 % de Zn se logran con 2.5 g del biocarbón en 12 horas de contacto. En el caso del biocarbón de pajilla de arroz, los valores de remoción más altos

96.49 % de Pb y 98.52 % de Zn se logran con 2.5 g del biocarbón en 12 horas de contacto. Los porcentajes de remoción se asemejan a los resultados de los estudios de Tho, Tap, Huong y Kien (2021), quien demostró que estos mismos adsorbentes, tienen al menos un 90% de efectividad de adsorción en

los mismos adsorbentes. Sánchez y Moreira (2021) quienes demostraron una capacidad de adsorción >90% en los mismos adsorbentes, la eficiencia de adsorción varió significativamente dependiendo de la materia utilizada, la dosis de adsorbente, el tiempo de remoción y la velocidad de agitación. Además, Prabha (2022) respalda la efectividad de los residuos lignocelulósicos como adsorbentes, destacando que la dosis de adsorbente y el tiempo de remoción son factores importantes; mientras que la velocidad de agitación no tiene un impacto significativo en los resultados, lo que sugiere que el uso de bioadsorbentes no convencionales puede ser una alternativa viable y sostenible para la eliminación de metales pesados en diversos tipos de efluentes. Así mismo, la investigación de Hanum, Bani y Li (2017) tuvo una excelente eficiencia de eliminación de aguas residuales de iones de mercurio y recomienda su uso como un material adsorbente de características sobresalientes y no contaminante. Blas (2019) al aplicar biocarbón de la fibra de coco en polvo muestra una eficiencia del 92.45 % de adsorción de Mn y un 87.67 % de adsorción de Fe. Con la dosis 2.5 g de residuo de fibra de coco, se evidencia 84.04 % y 96.60 % de remoción de Pb y Zn en 12 horas de tratamiento. Con dosis de 5 g se evidencia 77.80% y 92.37 % de remoción en 12 horas de tratamiento. Con la dosis 2.5 g de residuo de pajilla de arroz se evidencia 96.50 % y 98.51 % de remoción de Pb y Zn en 12 horas de tratamiento. Con dosis de 5 g se evidencia 95.19 % y 97.17 % de remoción en 12 horas de tratamiento. Estos resultados se asemejan al trabajo de Fonseca, Albis y Rincón (2018) que consiguieron demostrar que la técnica de adsorción por en los mismos adsorbentes, es adecuada para el desarrollo de propuestas de limpieza a mediana y gran escala. Además, la cantidad de adsorbente utilizado, la dosis de adsorbente, el tiempo de remoción son factores clave en la eficacia del proceso de adsorción; por lo que el uso de una dosis de adsorbente de al menos 1 g/L y una velocidad mínima de agitación de 200 rpm durante 120 minutos, da como resultado una tasa de remoción de 95%. Esto también sugiere que las cáscaras de yuca tienen un gran potencial como adsorbentes de metales pesados.

A la luz de los datos la pajilla de arroz muestra los resultados más alto en los valores porcentuales siendo el residuo más efectivo de remoción de Pb y Zn. En la investigación Asadu, Chinonso y Chijioke (2021), consiguió un 96.4% de adsorción en los mismos adsorbentes, en un tiempo de trabajo de 1h y una adsorción máxima de 69.86mg/g, por lo que se encontró que la materia prima utilizada para la preparación del adsorbente presentó una alta capacidad de adsorción. Así mismo, observaron que la dosis de adsorbente y el tiempo de remoción tuvieron un efecto significativo en la eficiencia de remoción de contaminantes, demostrando que el adsorbente desarrollado tiene un gran potencial para ser utilizado como una alternativa viable y económica para la remediación de agua contaminada con petróleo crudo. Sin embargo, en cuanto al tiempo de adsorción, este no tuvo un efecto significativo en la remoción de iones metálicos tóxicos, ya que se obtuvo una alta eficiencia de adsorción en períodos de 1h, 3h y 12h.

En la tabla 10 y 11, muestra los efectos de los adsorbentes de residuos lignocelulósicos en la remoción de Pb y Zn en aguas de río Parcoy - La Libertad. Los efectos de las concentraciones más altas de 0.97 ppm de Pb y 0.51 ppm de Zn persisten en las muestras de agua en las que se aplicó 5 g del biocarbón de fibra de coco durante 1 hora de contacto; mientras que, las concentraciones más bajas de 0.12 ppm de Zn y 0.37 ppm de Pb se obtienen con 12 horas de aplicación. En cuanto al efecto de las concentraciones más altas de 0.28 ppm de Pb y 0.49 ppm de Zn persisten en las muestras de agua en las que se aplicó 5 g del carbón activado durante 1 hora de contacto; mientras que, las concentraciones más bajas de 0.08 ppm de Zn y 0.06 ppm de Pb se obtienen con 2.5 g del biocarbón en 12 horas de contacto, aplicando el biocarbón de pajilla de arroz, la cual quiere decir que el efecto se genera en una dosis menor y a un tiempo mayor de horas. Es por ello que en la investigación de Blas et al. (2019) quien inicialmente encontró 0.81mg/l de hierro y 0.08mg/l de plomo, demostrando que a los 80 min el valor inicial de hierro baja a 0.60mg/l y a los 130 min baja a 0.45mg/l. En cuanto al plomo este se redujo a 0.04mg/l en 80 minutos y 0.02mg/l en 130 minutos.

En la tabla 13 y figura 2, se presenta los resultados de pH y turbidez obtenido por el tratamiento con residuos lignocelulósicos variando la dosis y el tiempo de contacto de tratamiento, de aguas del río de Parcoy, siendo los datos iniciales de pH 8.52, se puede observar que con la pajilla de arroz se obtiene pH cerca al neutro, con dosis de 2.5 g y con dosis de 5 g disminuye aún más hasta por debajo del pH neutro. Con la fibra de coco se observa que el pH también disminuye por debajo de pH 8, con ambas dosis de 2.5 g y 5 g en forma similar. El pH del agua debe estar en un rango de 6 a 8. Con respecto a la turbidez, la turbidez inicial del agua del Río Parcoy fue de 1.28 NTU, con el tratamiento del agua utilizando pajilla de arroz la turbidez se incrementó, de igual forma con la fibra de coco la turbidez se incrementó, esto puede ser debido a la atricción de los residuos lignocelulósicos. Para ello Ponce et al. (2019) en su investigación de la concentración inicial de pH en la muestra de agua fue de 7.90 de concentración; después del tratamiento, con fibra de coco, la concentración de pH fue de 7.96 a los 90 minutos y de 7.8 a los 120 minutos; concluyendo que, a mayor tiempo expuesto del biocarbón en el agua, mejor es su acción purificadora y de absorción del plomo y hierro y de otros parámetros, mientras que en la concentración inicial de turbidez en la muestra de agua fue de 1.86, la coloración es anaranjada. Después del tratamiento la turbidez es de 1.52 a los 90 minutos y de 0.93 a los 120 minutos logrando una reducción del 87 % de turbiedad.

Las debilidades del estudio, inicialmente se presentaron debido a que se limitaron los materiales a dos tipos y las dosis a dos pesajes. Además, el trabajo tuvo una delimitación espacial directa, que podría ampliarse en futuros estudios. Estas limitaciones se abordaron, manejando un análisis amplio y una comparativa de diversos aspectos de los residuos, para sacar el mayor provecho posible a los datos obtenidos. Así, se reforzó la capacidad de los investigadores. de abordar la problemática directa, y se fomentó su participación en diversas problemáticas regionales de similar índole.

VI. CONCLUSIONES

1. El adsorbente biocarbón obtenido de los residuos lignocelulósicos fibra de coco y pajilla de arroz tienen un efecto favorable en la remoción de Pb y Zn presentes en las aguas del río Parcoy.
2. El biocarbón de fibra de coco produce efectos positivos logrando la remoción de Pb y Zn, con el tratamiento de 2.5 g durante 12 horas de tiempo de contacto, y una disminución en las concentraciones de 2.34 a 0.37 ppm de Pb y de 4.20 a 0.14 ppm de Zn.
3. El biocarbón de pajilla de arroz produce efectos positivos logrando la remoción de Pb y Zn, con el tratamiento de 2.5 g durante 12 horas de tiempo de contacto y una disminución en las concentraciones de 2.34 a 0.06 ppm de Pb y de 4.20 a 0.08 ppm de Zn.
4. En cuanto a la efectividad, los adsorbentes bajo la forma de biocarbón produce mejores resultados con el tratamiento de 2.5 g y 12 horas de tiempo de contacto. Así, el biocarbón de fibra de coco tiene capacidad de remoción 84.04 % de Pb y 96.60% de Zn, mientras que el biocarbón de pajilla de arroz evidencia una capacidad de remoción 96.50 % de Pb y 98.51 % de Zn.

VII. RECOMENDACIONES

Utilizar el absorbente a base de pajilla de arroz para la remoción de aguas concentradas con metales pesados Pb y Zn, puesto que presenta un mayor contenido de biocarbón que permite una mayor adsorción y por ende permitirá mejorar la descontaminación en aguas de río.

Realizar nuevas pruebas con bajas dosis como 2.0 g, 1.8 g con tiempos elevados lo que permitirá obtener como 18, 24 horas de tiempos de contacto, una efectividad significativa en la remoción de metales pesados de Pb y Zn en recursos hídricos superficiales.

Utilizar la técnica adecuada para la toma de muestra de agua, así mismo realizar un adecuado traslado al laboratorio poder evitar alteraciones en dichas muestras.

Utilizar otros adsorbentes de residuos lignocelulósicos envase a desechos agrícolas locales para tratamientos con la única finalidad de comparar con los resultados obtenidos y así poder determinar la eficiencia de los adsorbentes de pajilla de arroz y fibra de coco.

REFERENCIAS

Abdul. Rahman; Mohsin. Hanan; Thanabalan. Murugesan; Rabat. Nurul; Saman. Norasikin; Mat. Hanapi; Johari. Khairiraihanna. Effective carbonaceous desiccated coconut waste adsorbent for application of heavy metal uptakes by adsorption: Equilibrium. kinetic and thermodynamics análisis. Biomass and Bioenergy [en línea]. Noviembre. 2020. 142 [Fecha de consulta: 11 de abril de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2020.105805>

Abu. Norshila. Othman. Norzila. Yunus. Zalilah. Altowayti. Wahid. Tahir. Muhammad. Fitriani. Nurina y Mohd-Salleh. Siti. An insight review of lignocellulosic materials as activated carbon precursor for textile wastewater treatment. Environmental Technology & Innovation [en línea]. 2 mayo 2021. N° 22 [Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.101445>

Autoridad Nacional del Agua. Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. Gráfica Industrial Alarcón: Lima, Perú (2016).

Arias. Fabián; Beneduci. Amerigo; Chidichimo. Francesco; Furia. Emilia; Straface. Salvatore. Study of the adsorption of mercury (II) on lignocellulosic materials under static and dynamic conditions. Chemosphere [en línea]. Agosto de 2017. 180 [Fecha de consulta: 10 de abril de 2023]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653517305222>

Asadu. Christian; Chinonso. Ezema y Chijioke. Onu Development of an adsorbent for the remediation of crude oil polluted water using stearic acid grafted coconut husk (Cocos nucifera) composite. Applied Surface Science Advances [en línea]. 1 diciembre 2021. n°

6 [Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.apsadv.2021.100179>

Asim. Yaqoob. Guerrero. Claudia. Mohamad. Ibrahim. Khalid. Umar. y Yaakop. Amira. Local fruit wastes driven benthic microbial fuel cell: A sustainable approach to toxic metal removal and bioelectricity generation. Environmental Science and Pollution Research

International [en línea]. 12 febrero 2022. n° 29 [Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11356-021-17444-z>

Blas Corso, H.Y. Aplicación del carbón activado de la cáscara de coco para adsorber hierro y manganeso en las aguas del río San Luís- Prov. Carlos Fermín Fitzcarrald – Ancash 2016". Universidad Cesar Vallejo, 2016.

Brizi, J., Martínez, F., Paranhos, E. y García, F. Evaluation of adsorption processes of metal ions in multi-element aqueous systems by lignocellulosic adsorbents applying different isotherms: A critical review. Chemical Engineering Journal[en línea]. 1 febrero 2019. n°

357 [Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2018.09.125>

Cardoso, L., Cantone, L. y Alves, L. A review on the use of lignocellulosic materials for arsenic adsorption. Journal of Environmental Management [en línea]. 15 junio 2021. n° 288 [Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112397>

Celebi. Hakan. Recovery of detox tea wastes: Usage as a lignocellulosic adsorbent in Cr6+ adsorption. Journal of Environmental Chemical Engineering [en línea]. Octubre. 2021. 8

(5) [Fecha de consulta: 10 de abril de 2023].
Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221334372030659X>

Cerna. Carlos. Espinoza. Francisco y Chunga. Gaby. Contaminación del río

Moche y su impacto en la abiota y las enfermedades. Agroindustrial Science [en línea]. 7 agosto 2019. n° 9 [Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.17268/agroind.sci.2019.01.03>

Correa. Odilon; Fuentes. Firlen. y Coral. Rodrigo Contaminación por metales pesados de la microcuenca agropecuaria del río Huancaray - Perú. Revista de la Sociedad Química del Perú [en línea]. 30 marzo 2021. n° 87 [Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.37761/rsqp.v87i1.320>

CHAVARRÍA, Andrey González, et al. Contenido de metales pesados en varios ríos de Costa Rica. Tecnología en Marcha, 2022, vol. 35, no 2, p. 93-104. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8431594>

CHIRINOS MÁLAGA, Carlos Enrique. Índice de calidad de agua y contenido de metales pesados en el río San Juan, Cerro de Pasco. 2022. Disponible en: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/5236/chirinos-malaga-carlos-enrique.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Deng. Yiyi; Huang. Shuang; Laird. David; Wang. Xiugui; Meng. Zhuowen. Adsorption behaviour and mechanisms of cadmium and nickel on rice straw biochars in single- and binary-metal systems. Chemosphere [en línea]. Marzo. 2019. 2018 [Fecha de consulta: 11 de abril de 2023]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004565351832188X>

Díaz. Sonia. Varona. Marcela; Sánchez. Clara e Idrovo. Alvaro. Exposición a plomo y mercurio en poblaciones de la ribera del río Bogotá: estudio multi-método. Rev. Salud Pública [en línea]. 1 enero 2019. n° 21 [Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.15446/rsap.V21n1.72700>

Duany. Sandra; Arias. Tania; Bessy. Tener. y Rodríguez. Diego. Bioadsorbentes no convencionales empleados en la remoción de metales

pesados. Revisión. Tecnología Química [en línea]. 18 marzo 2022. n° 42 [Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2022]. Disponible en:

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852022000100094&lng=es&tlng=es

Ebrahimi. Majid. Hassanpour. Morteza. Rowlings. David. Bai. Zihui. Dunn. Kameron. O'Hara. Ian. y Zhang. Zhanying. Effects of lignocellulosic biomass type on nutrient recovery and heavy metal removal from digested sludge by hydrothermal treatment.

Journal of Environmental Management [en línea]. 11 septiembre 2022. n° 318 [Fecha de

consulta: 15 de septiembre de 2022]. Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115524>

Fonseca. Jenry; Albis. Alberto y Rincón. Adriana. Evaluation of Zinc Adsorption Using Cassava Peels (*Manihot esculenta*) Modified with Citric Acid. Contemporary Engineering Sciences [en línea]. 1 abril 2018. n° 11 [Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2022]. Disponible en:

<https://doi.org/10.12988/ces.2018.87364>

Furaeli. Sitwerla et al. "Assessment of Ecological Risk of Heavy Metals Using Probabilistic Risk Assessment Model (AQUARISK) in Surface Sediments from Wami Estuary.

Tanzania." BioMed Research International [en línea]. 19 junio 2021. n° 12 [Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2022]. Disponible en: link.gale.com/apps/doc/A696881856/ITOF?u=univcv&sid=bookmark-ITOF&xid=5673c552

Gupta. Rupal. Chetan. Pandit. Soumya. Pandit. Gupta. Piyush. Dibyajit. Lahiri. Daksh. Agarwal. y Sadanand. Pandey. Potential and future prospects of biochar-based materials and their applications in removal of organic contaminants from industrial wastewater. The Journal of Material Cycles and

Waste Management [en línea]. 1 abril 2022. n° 24 [Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2022]. 852-876. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10163-022-01391-z>

Gupta. Arjit. Rawat. Kim. Bhadauria. Vivek. y Singh. Harinder. Recent trends in the application of modified starch in the adsorption of heavy metals from water: A review. Carbohydrate Polymers [en línea]. 1 octubre 2021. n°269 [Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2021.117763>

Hanum F, Bani, O. y Wirani, L. I. 2017. Characterization of Activated Carbon from RiceHusk by HCl Activation and Its Application for Lead (Pb) Removal in Car BatteryWastewater Materials Science and Engineering, 180 012151

Hoang. Anh. Kumar. Sunil. Lichtfouse. Eric. Cheng. Chin. Varma. Rajender. Senthilkumar. Nild. Phong. Nguyen y Nguyen. Xuan. Remediation of heavy metal pollutedwaters using activated carbon from lignocellulosic biomass: An update of recent trends. Chemosphere [en línea]. 2 septiembre 2022. n° 302 [Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.134825>

Hussain. Trent; Imran. Mandy; Mushtaq. Zherstiu. et al. Biosorción de metales pesados mediante polvo de cáscara de plátano sin polifenol. Revista de Ciencias Animales y Vegetales [en línea]. 30 de abril de 2022. núm. 2 [Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2022]. Disponible en: link.gale.com/apps/doc/A704229454/ITOF?u=univcv&sid=bookmark-ITOF&xid=9e9a71c9

Jiang. Shan. Xi. Jianfeng. Deng. Wen. Dai. Hongqi. Fang. Guigan y Wu. Weibing. Low- cost and high-wet-strength paper-based lignocellulosic adsorbents for the removal of heavy metal ions. Industrial Crops and Products [en línea]. 30 diciembre 2020. n° 158 [Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112926>

Kharrazi. S. M. Soleimani. M.. Jokar. M.. Richards. T.. Pettersson. A. &

Mirghaffari. N. Pretreatment of lignocellulosic waste as a precursor for synthesis of high porous activated carbon and its application for Pb (II) and Cr (VI) adsorption from aqueous solutions. International Journal of Biological Macromolecules [en línea]. 3 junio 2021. n° 180 [Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.03.078>

Larramendi. Elsa; Millán. Gabriela. y Plana. Mario. Escasez y contaminación del agua. Realidades del siglo XXI. 16 de Abril [en línea]. 16 de abril 2021. n° 60 [Fecha de consulta:

15 de septiembre de 2022]. Disponible en:

http://www.rev16deabril.sld.cu/index.php/16_04/article/view/854

Li. Zhongwu. Wang. Lei. Qin. Lei. Lai. Cui. Wang. Zhilong. Zhou. Mi. Xiao. Linhui. Liu. Shiyu. & Zhang. Mingming. Recent advances in the application of water-stable metal-organic frameworks: Adsorption and photocatalytic reduction of heavy metal in water. Chemosphere [en línea]. 2021. n° 285 [Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131432>

Liu Z, Sun Y, Xu X, Qu J and Qu B 2020 Adsorption of Hg(II) in an Aqueous Solution by Activated Carbon Prepared from Rice Husk Using KOH Activation ACS Omega 5 29231- 29242

Liu. Zhiyuan. Zhen. Feng. Zhang. Quanguo. Qian. Xin. Li. Wenzhe. Sun. Yong. Zhang. Lingling y Qu. Bin. Nanoporous biochar with high specific surface area based on rice straw digestion residue for efficient adsorption of mercury ion from water. Bioresource Technology [en línea]. 1 septiembre. 2022. n° 359 [Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2022.127471>

López. Pedro. POBLACIÓN MUESTRA Y MUESTREO. Punto Cero [en línea]. 16 enero 2004. n° 09 [Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2022]. Disponible en:

http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-02762004000100012&lng=es&tlng=es.

Manoiu. Valentina; Kubiak. Katarzyna; Craciun. Alexandru; y Akman. Cigdem. Water Quality and Water Pollution in Time of COVID-19: Positive and Negative Repercussions. Water [en línea]. 26 febrero 2022. n° 14 [Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2022].

Disponible en: <https://doi.org/10.3390/w14071124>

Nizzy. Albert y Kannan. Suruli. A review on the conversion of cassava wastes into value-added products towards a sustainable environment. Environmental Science and Pollution Research International [en línea]. 13 agosto 2022. n° 29 [Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11356-022-22500-3>

Pabón. Sandri. Benítez. Ramiro. Sarria. Raul. y Gallo. Juan. Contaminación del agua por metales pesados. métodos de análisis y tecnologías de remoción. Una revisión. Entre Ciencia e Ingeniería [en línea]. 10 noviembre 2020. n° 14 [Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.31908/19098367.0001>

Ponce, D.G. Aplicación del carbón activado de la cáscara de coco, en la purificación y absorción del hierro y plomo del agua de consumo de los pobladores de Paragsha - Pasco 2018. Tesis de pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/1563/1/T026_73665141_T.pdf

Prabha. Silver. Insights into the Recent Use of Modified Adsorbents in Removing Heavy Metal Ions from Aqueous Solution. Biointerface research in Applied Chemistry [en línea]. 8 octubre 2022. n° 12 [Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.33263/BRIAC122.18841898>

Quispe. Raúl; Belizario. Germán; Chui. Heber y Huaquisto. Samuel.

Concentración de metales pesados: cromo, cadmio y plomo en los sedimentos superficiales en el río Coata, Perú. Revista Boliviana de Química [en línea]. 30 junio 2019. n° 36 [Fecha de consulta:

15 de septiembre de 2022]. 83-90. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0250-54602019000200003&lng=es&tlng=es.

Raut, Ekta; Bedmohata, Thakur, y Chaudhari, Archana. Review on toxic metal ions removal by using activated carbon prepared from natural biomaterials. Journal of Physics [en línea].

19 marzo 2021. n° 19 [Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1913/1/012091>

Sánchez, F. y Moreira, C. Analysis of the kinetics of copper (II) adsorption with different materials: A bibliographic review. Revista Colón Ciencias. Tecnología y Negocios [en línea]. 24 noviembre 2021. n° 9 [Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2022]. Disponible en:

<http://portal.amelica.org/ameli/journal/215/2152932008/>

Singh K and Waziri S A. 2019. Activated carbons precursor to corncob and coconut shell in the remediation of heavy metals from oil refinery wastewater Journal of Materials and Environmental Sciences 10(7) 657.

Sugandha, Aachhera, Shatakshi, Tiwari, Shubhangini, Singh, Neha, Nagar, Himanshi, Garg, y Gahan, Chandra. A study on the biosorption kinetics of Cu (II) and Zn (II) ions from aqueous phase (sulphate medium) using waste sawdust generated from Acacia nilotica wood carpentry. Ecotoxicology [en línea]. 8 septiembre 2022. n° 31 [Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10646-021-02471-w>

Tho, Peter; Tap, Huu; Huong, Lan y Kien, Trung. Enhanced simultaneous adsorption of As (III), Cd (II), Pb (II) and Cr (VI) ions from aqueous solution

using cassava root husk- derived biochar loaded with ZnO nanoparticles. RSC [en línea]. 12 marzo 2021. n° 11 [Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1039/D1RA01599K>

Valdés. Ernesto. Mendoza. Diana. Reynel. Humberto. Aguayo. Iván. y Bonilla. Ana.

Activated carbon manufacturing via alternative Mexican lignocellulosic biomass and their application in water treatment: Preparation conditions, surface chemistry analysis and heavy metal adsorption properties. Chemical Engineering Research & Design: Transactions of the Institution of Chemical Engineers [en línea]. 2 noviembre 2022. n°187 [Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2022.08.039>

Vicuña. Eder. Soto Huamán. Alissa. Optimización del proceso de remoción de PB 2+ y ZN 2+ por el material adsorbente- floculante neonite MR. Revista de la Sociedad Química del Perú [en línea]. Octubre 2021. 87(4) [Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2022]. <https://dx.doi.org/10.37761/rsqp.v87i4.362>

Viscusi. Gianluca. et al. "Design of sodium alginate/soybean extract beads loaded with hemp hurd and halloysite as novel and sustainable systems for methylene blue adsorption." Polymer Engineering and Science [en línea]. 19 enero. 2022. n°1 [Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2022]. Disponible en: link.gale.com/apps/doc/A708110787/ITOF?u=univcv&sid=bookmark-ITOF&xid=0f189d97

Zambrano Brian. Ohana Nuert. Dalvani Sandra. Fermin Alvaro. Luzardo. Francisco. y Nieto. Luis. Adsorption of arsenic anions in water using modified lignocellulosic adsorbents. Results in Engineering [en línea]. 25 marzo 2022. n° 13 [Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2022.100340>

Zhang. Zichen. et al. "Isolation and Screening of Microorganisms for the Effective Pretreatment of Lignocellulosic Agricultural Wastes." *BioMed Research International* [en línea]. 22 Sept. 2021. n° 21 [Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2022]. Disponible en: [gale.com/apps/doc/A696850593/ITOF?u=univcv&sid=bookmark-](https://www.gale.com/apps/doc/A696850593/ITOF?u=univcv&sid=bookmark-)

ANEXOS

Tabla 15 Matriz de operacionalización de variables.

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Variable independiente: Residuos lignocelulósicos	Conjunto de residuos orgánicos. resultantes principalmente de la agricultura y la carpintería. Ebrahimi et al (2022). estos residuos son carbonizados y activados (Alcañiz-Monge et al. 2022). mencionan que consiste de un grupo de residuos a base de alimentos y productos orgánicos.	Preparado a partir de la cáscara de arroz y la fibra de coco. carbonizados	Carbón activado de fibra de coco Carbón activado de la pajilla de arroz	Tratamiento: Dosis (g). tiempo (h)	Ordinal.
Variable dependiente: Remoción de Pb y Zn	Adhesión de átomos o moléculas de material disuelto en las aguas. y logra la eliminación de metales. Dutta. Rawat. Bhadauria y Singh (2021) lo consideran el proceso con mayor eficacia en la separación de metales pesados de los recursos contaminados en el agua.	Se mide el porcentaje de metal removido de un cuerpo de agua.	Capacidad de remoción	% de remoción de Pb % de remoción de Zn	Razón

Tabla 17 Ficha de las características de los adsorbentes y su proceso.

Fecha (D/M/A)	Hora	Código de muestra	Nombre de quien recolectó			Nombre de quien transporta			Nombre de quien recibe			Observaciones
			DNI	Cargo e institución	Firma	DNI	Cargo e institución	Firma	DNI	Cargo e institución	Firma	

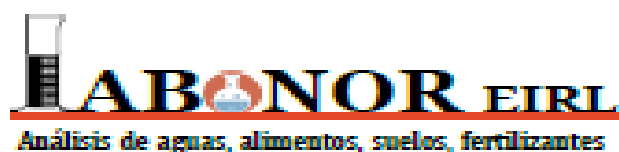
Tabla 18 Ficha de registro de cambios.

N° Muestra	Dosis(g/L)		Tiempo de remoción(hora)		Composición		Observación
	U	Resultado	U	Resultado	U	Resultado	

Figura 6 Lugar de la toma de muestras del agua.



Figura 7 Análisis de las muestras de agua contaminados por metales pesados.



INFORME DE ENSAYO N° 0167-2023


Solicitante : Damaris Parodos Cruz
Muestra : Agua
ID de la muestra : Agua de Río Parcoy
Procedencia de la muestra : Llacubamba - Patate
Nro. de muestras : 1
Recepción de la muestra : En laboratorio
Fecha de recepción de muestra : 24 de abril del 2023

Ensayo	Unidades	Resultados	Límite de detección
Plomo, Pb	mg/L	2.34	0.02
Zinc, Zn	mg/L	4.20	0.005

(*) La toma de muestra y condiciones de envío hasta recepción en el laboratorio es responsabilidad del cliente.

Ensayos	Metodología aplicada
Plomo, Zinc	Espectroscopía de absorción atómica

Trujillo, 26 de abril del 2023.


Ing. Juan Sánchez Carrasco
CIP 124131

C.c. Archivo.

PÁG. 1 - 1

Figura 8 Pirolisis de los residuos pajilla de arroz y fibra de coco.



Figura 9 Aplicación de los residuos pajilla de arroz y fibra de coco.

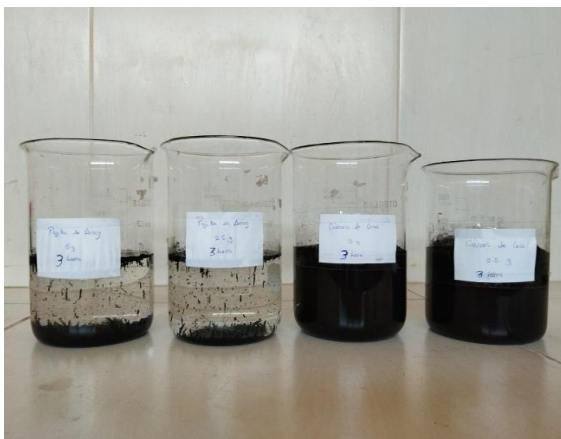
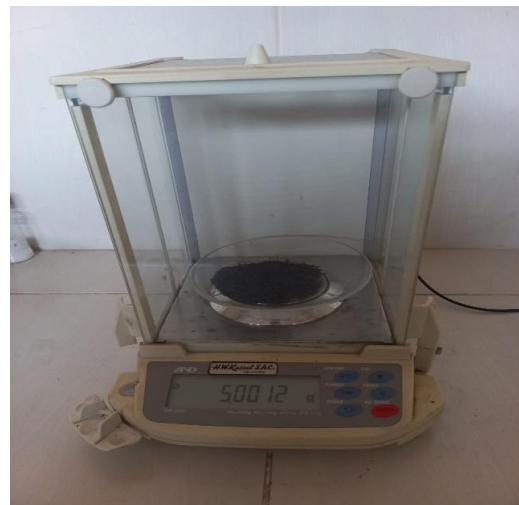


Figura 10 Los vasos de precipitación con los residuos fueron llevados a un banco agitador.



Figura 11 Las muestras fueron contenidas en tubos cónicos de plástico de 15 ml para luego ser analizadas.



Figura 12 Las muestras fueron contenidas en tubos cónicos de plástico de 15 ml para luego ser analizadas.



Figura 13 Medición del pH y turbidez.



Figura 14 Los residuos carbonizados después del filtrado.



Figura 15 Reporte de análisis de las muestras.

LAPROMIN LABORATORIO QUÍMICO METALÚRGICO

CLIENTE : Damaris Paredes Cruz
 CANTIDAD DE MUESTRAS : 015, muestra líquidas
 TIPO DE ENSAYO : AAS
 TIPO DE MUESTRA (FECHA RECEPCIÓN) : De laboratorio (recibido 24/05/2023)
 CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONES : Muestras de agua
 LUGAR Y FECHA DE REPORTE : Trujillo, 25/05/2023

REPORTE DE ENSAYOS N° 1523_01

Código de muestra	Pb (ppm)	Zn (ppm)
Fibra de coco, 2,5 g, 1h	0.651	0.468
Fibra de coco, 2,5 g, 3h	0.517	0.209
Fibra de coco, 2,5 g, 12h	0.368	0.148
Fibra de coco, 5 g, 1h	0.976	0.502
Fibra de coco, 5 g, 3h	0.773	0.361
Fibra de coco, 5 g, 12h	0.512	0.312
Fibra de coco, 2,5 g, 1h, 2	0.647	0.472
Pajilla de arroz, 2,5 g, 1 h	0.171	0.133
Pajilla de arroz, 2,5 g, 3 h	0.112	0.091
Pajilla de arroz, 2,5 g, 12 h	0.072	0.053
Pajilla de arroz, 5 g, 1 h	0.289	0.498
Pajilla de arroz, 5 g, 3 h	0.193	0.173
Pajilla de arroz, 5 g, 12 h	0.101	0.129
Pajilla de arroz, 2,5 g, 1 h, 2	0.165	0.128
Blanco	2.351	2.192

Elemento Método

Au Fire Assay_M.Combinado (< 10 g/TM), Fire assay-gravimetría (> 10 g/TM)
 Otros elementos químicos Por espectroscopia de absorción atómica (AAS) y/o ICP-OES

Retiro de muestras: Las muestras podrán ser retiradas durante 15 días, luego del cual se procederá a desechar.

Ing. Juan Vega González
 Jefe de Laboratorio
 CIP 79515

Calle los Berilios 504-B- Santa Inés – Trujillo. 949163034
 E-mail: jvegaj@gmail.com, lapromin@gmail.com