



Universidad César Vallejo

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Biocarbon funcionalizado con ñuña (*Phaseolus vulgaris L.* y ácido sulfúrico para la adsorción de metales en agua de consumo humano a nivel laboratorio, 2023

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

AUTORES:

Borjas Mendiz, Pedro Jesus (orcid.org/0009-0005-2996-3956)
Lucero Velasquez, Estefany Yurema (orcid.org/0009-0008-9663-8039)

ASESOR:

Dr. Sernaque Auccahuasi, Fernando Antonio (orcid.org/0000-0003-1485-5854)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2023

DEDICATORIA

A Dios, por guiar siempre mi camino, a mis padres,
por su apoyo incondicional y a mi hija Allegra
por acompañarme en esta etapa de mi vida.

Pedro

Dedico mi tesis principalmente a Dios, por darme
la fuerza necesaria para culminar esta meta.
A mis padres, por todo su amor y por motivarme a
seguir hacia adelante.

Estefany

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, quien ha sido nuestra guía en el camino y nos ha bendecido cada día.

Quiero expresar mi profunda gratitud a mis queridos padres, Pedro y Rosa, quienes han sido piezas fundamentales en mi investigación, brindándome su amor, apoyo incondicional y motivación, y nunca permitiéndome rendirme en la vida.

También, agradezco de corazón a mis padres, Lido y Erika, quienes han sido un pilar fundamental y un apoyo constante en mi formación académica, siempre respaldando las decisiones que tomo para mi vida.

No puedo dejar de mencionar a nuestro asesor, Dr. Fernando Antonio Sernaqué Auccahuasi, quien ha compartido generosamente sus conocimientos y paciencia durante todo el desarrollo de mi investigación.

Quiero extender mi agradecimiento a toda nuestra familia, cuyas palabras de aliento han sido un valioso motor en este proceso.

No puedo olvidar mencionar a la Universidad Alas Peruanas, por su papel fundamental en nuestra formación durante esos 5 años, así como a la Universidad Cesar Vallejo, por permitirnos alcanzar este importante logro profesional.

A todos, gracias de corazón por su incondicional apoyo y contribución en este camino de crecimiento y aprendizaje.

Pedro y Estefany



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, SERNAQUE AUCCAHUASI FERNANDO ANTONIO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, asesor de Tesis titulada: "Biocarbon Funcionalizado con Ñuña (*Phaseolus vulgaris* L. y Ácido Sulfúrico para la Adsorción de Metales en Agua de Consumo Humano a Nivel Laboratorio, 2023", cuyos autores son LUCERO VELASQUEZ ESTEFANY YUREMA, BORJAS MENDIZ PEDRO JESUS, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 12.00%, 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.

LIMA, 21 de Febrero del 2024

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
FERNANDO ANTONIO SERNAQUE AUCCAHUASI DNI: 07234567 ORCID: 7000695775-0000000314855	Firmado electrónicamente por: FSERNAQUEA el 10- 04-2024 19:07:48

Código documento Trilce: TRI - 0738593





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, LUCERO VELASQUEZ ESTEFANY YUREMA, BORJAS MENDIZ PEDRO JESUS estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Biocarbon Funcionalizado con Ñuña (*Phaseolus vulgaris* L. y Ácido Sulfúrico para la Adsorción de Metales en Agua de Consumo Humano a Nivel Laboratorio, 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
ESTEFANY YUREMA LUCERO VELASQUEZ DNI: 47970596 ORCID: 0009-0008-9663-8039	Firmado electrónicamente por: ESLUCEROVE el 21-02-2024 07:04:49
PEDRO JESUS BORJAS MENDIZ DNI: 46665590 ORCID: 0009-0005-2996-3956	Firmado electrónicamente por: PEBORJASME el 21-02-2024 07:46:24

Código documento Trilce: TRI - 0738589

Índice de contenido

Carátula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento.....	iii
Declaratoria de autenticidad del asesor	iv
Declaratoria de originalidad del autor/autores	v
Índice de contenido.....	vi
Índice de tablas	vii
Índice de figuras	viii
Resumen	ix
Abstract	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	14
3.1. Tipo y diseño de investigación	14
3.2. Variable y operacionalización	14
3.3. Población, muestra y muestreo	15
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	16
3.5. Procedimiento	18
3.6. Método de análisis de datos	21
3.7. Aspectos éticos	22
IV. RESULTADOS	23
V. DISCUSIÓN	42
VI. CONCLUSIONES	45
VII. RECOMENDACIONES	46
REFERENCIA	
ANEXOS	

Índice de tablas

Tabla 1. Validación de equipos de laboratorio	17
Tabla 2. Diseño experimental	19
Tabla 3. Valores iniciales de los metales en agua sintética	23
Tabla 4. Tratamiento 1 para adsorción de manganeso	23
Tabla 5. Tratamiento 2 para adsorción de manganeso	24
Tabla 6. Tratamiento 3 para adsorción de manganeso	25
Tabla 7. Tratamiento 1 para adsorción de cadmio	26
Tabla 8. Tratamiento 2 para adsorción de cadmio	27
Tabla 9. Tratamiento 3 para adsorción de cadmio	28
Tabla 10. Tratamiento 1 para adsorción de plomo	29
Tabla 11. Tratamiento 2 para adsorción de plomo	29
Tabla 12. Tratamiento 3 para adsorción de plomo	30
Tabla 13. Valores finales de los metales en agua sintética	31
Tabla 14. Comparación del efecto de la dosis y tiempo sobre la remoción de manganeso	34
Tabla 15. Prueba de Tukey para comparar el efecto del tiempo sobre la remoción de manganeso	34
Tabla 16. Prueba de Tukey para comparar el efecto de la dosis sobre la remoción de manganeso	35
Tabla 17. Comparación del efecto de la dosis y tiempo sobre la remoción de Cd	36
Tabla 18. Prueba de Tukey para comparar el efecto del tiempo sobre la remoción de Cd	36
Tabla 19. Prueba de Tukey para comparar el efecto de la dosis sobre la remoción de Cd	37
Tabla 20. Comparación del efecto de la dosis y tiempo sobre la remoción de Pb	38
Tabla 21. Prueba de Tukey para comparar el efecto del tiempo sobre la remoción de Pb	38
Tabla 22. Prueba de Tukey para comparar el efecto de la dosis sobre la remoción de Pb	39
Tabla 23. Prueba de T para comparar concentración inicial y final promedio	40

Índice de figuras

Figura 1. Explicación esquemática sobre los metales pesados en el medio ambiente	10
Figura 2. Mecanismo de toxicidad de metales pesados en humanos	11
Figura 3. Métodos para sintetizar la biomasa al carbono funcional	12
Figura 4. Biocarbón funcionalizado enriquecido en oxígeno	13
Figura 5. Comparación de concentración inicial de Cd, valor ECA y valores finales según dosis	32
Figura 6. Comparación de concentración inicial de Pb, valor ECA y valores finales según dosis	33
Figura 7. Comparación de concentración inicial de manganeso, valor ECA y valores finales según dosis	33
Figura 8. Valor medio de remoción de manganeso según tiempos de 30, 60 y 120 minutos	35
Figura 9. Valor medio de remoción de manganeso según dosis	36
Figura 10. Valor medio de remoción de Cd según tiempos de 30, 60 y 120 minutos	37
Figura 11. Valor medio de remoción de Cd según dosis	38
Figura 12. Valor medio de remoción de Pb según tiempos de 30, 60 y 120 minutos	39
Figura 13. Valor medio de remoción de Pb según dosis	40
Figura 14. Comparación entre la concentración inicial y final promedio	41

Resumen

El presente estudio tuvo como objetivo analizar el efecto del biocarbón funcionalizado con ñuña (*Phaseolus vulgaris L.*) y ácido sulfúrico en la adsorción de metales en agua de consumo humano a nivel de laboratorio, 2023; para lo cual aplico una metodología de tipo aplicada de diseño experimental.

Los resultados demostraron que, los valores iniciales de los metales contenidos en el agua sintética muestran que el manganeso, cadmio y plomo presentan concentraciones que superan los Estándares de Calidad de Ambiental del D.S. N° 004-2017-MINAM. La dosis óptima de biocarbón funcional para los tres metales (manganeso, cadmio y plomo) fue de 10 gramos (96.4% para manganeso, 98.1% para cadmio y 98.4% para plomo). Los valores finales de los metales contenidos en el agua sintética tuvieron gran reducción; pasando de las concentraciones iniciales de 25mg/l, 35mg/l y 50mg/l para manganeso, cadmio y plomo respectivamente a concentraciones finales de 1mg/l, 0.7mg/l y 0.7mg/l pero a pesar de ello no lograron estar por debajo del ECA permitido (0.4, 0.005 y 0.05).

Palabras clave: funcional, biocarbón, adsorción, metales

Abstract

The aim of this study was to analyse the effect of biochar functionalised with ñuña (*Phaseolus vulgaris L.*) and sulphuric acid on the adsorption of metals in water for human consumption at laboratory level, 2023; for which an applied experimental design methodology was applied.

The results showed that the initial values of the metals contained in the synthetic water show that manganese, cadmium and lead present concentrations that exceed the Environmental Quality Standards of the D.S. N° 004-2017-MINAM. The optimal dose of functional biochar for the three metals (manganese, cadmium and lead) was 10 grams (96.4% for manganese, 98.1% for cadmium and 98.4% for lead). The final values of the metals contained in the synthetic water were greatly reduced from the initial concentrations of 25mg/l, 35mg/l and 50mg/l for manganese, cadmium and lead respectively to final concentrations of 1mg/l, 0.7mg/l and 0.7mg/l but still not below the permitted ECA (0.4, 0.005 and 0.05).

Keywords: functional, biocarbón, adsorption, metals.

I. INTRODUCCIÓN

Aunque la tecnología nos ha proporcionado numerosas comodidades, la industrialización también ha contribuido significativamente a la contaminación medioambiental, incluida la del suelo, el agua y el aire; donde, los seres humanos y otros seres vivos se ven afectados directa o indirectamente por la contaminación del agua (Baby et al., 2023).

Debido a la industrialización y la urbanización, la contaminación del agua se está convirtiendo en un problema cada vez más grave en todo el mundo (Jacob et al., 2018). Además, a medida que las aguas residuales industriales se vierten en los ríos, los contaminantes inorgánicos como los iones metálicos (Ni^{2+} , Pb^{2+} y Cr^{6+}) se combinan con el agua potable (Morosanu et al., 2017).

La contaminación por iones metálicos del agua es un problema generalizado que pone en peligro toda la biosfera y repercute negativamente en la vida de muchos millones de personas en todo el mundo; también contribuye a la continua disminución mundial de la cantidad de agua potable disponible (Bolisetty et al., 2019).

Esto se debe a la falta de suministros fiables de agua y de un saneamiento seguro, adecuado y accesible (Dinka, 2018).

Es así como se demuestra en países como África, donde por desgracia, el 42% de la población sigue sin tener acceso a agua potable, y muchos esfuerzos por fomentar el uso sostenible del agua han fracasado estrepitosamente, con terribles resultados (Eberhard, 2019). El mismo problema se viene presentando en los países en desarrollo en el que la escasez de agua para consumo humano por la ineficiente aplicación de un adecuado saneamiento del suministro de agua (Dos santos et al., 2017).

Como consecuencia, millones de personas corren peligro de contraer infecciones, enfermedades e incluso la muerte como consecuencia de la contaminación del agua (Baby et al., 2018). Además, el suministro de agua potable limpia disminuye constantemente debido a la contaminación del agua (Wu et al., 2019).

Siendo el motivo por el que la precipitación química, el intercambio iónico, la electrólisis de membrana, la sorción mediante resinas impregnadas, los procesos de presión de membrana y los enfoques biológicos son algunas de las técnicas más utilizadas para el tratamiento de soluciones acuosas que contienen metales pesados (Agmed et al., 2017).

Entre estas el biocarbón funcionalizado se estudia intensivamente para determinar su eficiencia en cuanto a la adsorción de metales en agua de consumo humano (Wang et al., 2021). La funcionalización implica la adsorción física de las moléculas en la superficie del biocarbón y se basa en interacciones de apilamiento, enlaces de hidrógeno, van der Waals y fuerzas electrostáticas (Bitas y Samanidou, 2018).

Es por ello que el presente trabajo plantea como problema general: ¿En qué medida el biocarbón funcionalizado con ñuña (*Phaseolus vulgaris L.*) y ácido sulfúrico incide en la adsorción de metales en agua de consumo humano a nivel de laboratorio, 2023?

Siendo los problemas específicos:

PE1: ¿Cuáles son los valores iniciales de los metales contenidos en el agua sintética a nivel laboratorio?

PE2: ¿Cuál es la dosis optima del biocarbón funcional, para una mejor adsorción de metales en agua de consumo humano a nivel laboratorio?

PE3: ¿Cuáles son los valores finales de los metales contenidos en el agua sintética a nivel laboratorio?

Mientras que el objetivo general es: Analizar el efecto del biocarbón funcionalizado con ñuña (*Phaseolus vulgaris L.*) y ácido sulfúrico en la adsorción de metales en agua de consumo humano a nivel de laboratorio, 2023.

Así mismo los objetivos específicos son:

OE1: Determinar los valores iniciales de los metales contenidos en el agua sintética a nivel laboratorio

OE2: Determinar la dosis óptima de biocarbón funcional que permite mejor adsorción de metales en aguas de consumo humano

OE3: Determinar los valores finales de los metales contenidos en el agua sintética a nivel laboratorio

La hipótesis general es: El biocarbón funcionalizado con ñuña (*Phaseolus vulgaris L.*) y ácido sulfúrico inciden en la adsorción de un 90% de metales presente en agua de consumo humano a nivel de laboratorio, 2023

HE1: Los valores iniciales de los metales contenidos en el agua sintética a nivel laboratorio superan los LMP para agua de consumo humano.

HE2: La dosis óptima del biocarbón funcional, para una mejor adsorción de metales en agua de consumo humano a nivel laboratorio es de 10 g.

HE3: Los valores finales de los metales contenidos en el agua sintética a nivel laboratorio se encuentran por debajo de los LMP.

El objetivo de este proyecto es aportar la información necesaria para abordar el problema de la descontaminación del agua destinada al consumo humano, por lo que tiene una justificación práctica.

En la justificación ambiental, al presentar datos sobre la eficacia del biocarbón, como en el caso de la funcionalización con ácido sulfúrico para la adsorción de metales en el agua potable, esperamos ampliar los conocimientos. Como resultado, los futuros estudiosos y el público en general serán más conscientes.

En la justificación económica; el propósito de la argumentación es demostrar que el uso de residuos naturales es una alternativa viable, rentable y ecológicamente benigna.

II. MARCO TEÓRICO

Dado que se busca ofrecer los fundamentos teóricos esenciales para comprender el problema de investigación, la presentación de los estudios realizados es crucial; ya que, en él se identifican las lagunas de conocimiento y se elaboran ideas para avanzar en la investigación. En vista de ello, se ofrecen globalmente las siguientes investigaciones anteriores:

Deshpande (2017, p.1), en su trabajo tiene como objetivo, crear biomateriales nuevos, eficaces, asequibles y respetuosos con el medio ambiente para eliminar los metales pesados del agua. En la metodología, este minucioso examen incluye una explicación completa de la morfología de los biomateriales, así como una recopilación de patentes y publicaciones que definen las características de diversos biomateriales en función de sus antecedentes. En los resultados, se presenta un análisis exhaustivo de la eficacia de los adsorbentes y de la función de las modificaciones físicas y químicas en el aumento de su potencial de adsorción de metales del agua. También se recogen la capacidad y la afinidad de diversos biomateriales, que son parámetros que influyen en el comportamiento de adsorción. Concluyendo que, en este trabajo, se repasan brevemente la síntesis y modificación de biomateriales, su uso en la eliminación de metales pesados del agua y las posibilidades de futuro de esta tecnología.

En el trabajo de Karimi et al., (2022, p.1), el objetivo fue elaborar eliminar la presencia de tres metales pesados (Cu, Cd y Zn) aplicando biocarbón funcionalización. En la metodología, un nanocompuesto magnético de quitosano/ $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_3\text{O}_4$ (M-Cs) fue elaborado para mejorar su capacidad de adsorción de los 3 metales en solución acuosa aplicando la funcionalización con ácido etilendiaminotetraacético (EDTA). Los resultados mostraron que la capacidad de adsorción del nanocompuesto hacia los 3 metales aumentó 9,1, 5,6 y 14,3 veces, respectivamente, tras la funcionalización con EDTA. El orden en el que presentaron una mayor adsorción fue: en primer lugar, el cadmio, seguido del cobre y finalmente el zinc, y la máxima eficiencia de adsorción se alcanzó a pH 5,3, con porcentajes de eliminación de iones Cu, Cd y Zn del 99,98%, 93,69% y 83,81%, respectivamente. La cinética de adsorción de iones metálicos obedeció a la ecuación de pseudo-segundo orden, y se determinó que

el modelo isotérmico de Langmuir era el que mejor se ajustaba a los datos experimentales sobre su adsorción isotérmica. El análisis termodinámico mostró además que el proceso de adsorción era espontáneo y exotérmico por naturaleza.

Así también, en el trabajo de Wang et al., (2022, p.1), el objetivo de este estudio fue desarrollar un nuevo adsorbente basado en quitosano (CS-DPDM), en el que se utilizó eficazmente (N, N-(2-aminoetil)-2,6-piridinadicarboxamida para funcionalizar el quitosano. Los métodos utilizados para evaluar el adsorbente fueron la espectroscopia de dispersión de energía de rayos X (EDS), la microscopia electrónica de barrido (SEM), la espectroscopia de resonancia magnética nuclear (^1H NMR), la difracción de rayos X (XRD) y la técnica del potencial zeta (Zeta). Para investigar la capacidad de adsorción de CS-DPDM para Au(III), se examinaron los efectos del pH, la temperatura, la duración de la adsorción y la concentración inicial. Los resultados de numerosas investigaciones y la adsorción competitiva demuestran la notable selectividad y capacidad de reutilización del CS-DPDM para Au(III). La cantidad máxima de Au(III) que puede adsorber el CS-DPDM es de 659,02 mg/g a pH 5,0 y 318 K. Se argumenta que, dado que la adsorción es una actividad endotérmica espontánea que sigue modelos cinéticos de cuasi-segundo orden y de isoterma de Langmuir, es posible que se haya producido una única capa de adsorción química en la superficie del adsorbente. Estos resultados implican que existe una amplia variedad de posibles usos del CS-DPDM en la extracción de iones de oro de soluciones acuosas.

Este estudio de Ismail et al., (2020, p.1), se busca en el objetivo mostrar cómo el orujo de uva puede transformarse en biocarbónes activados porosos (PAB) con una elevada área específica para la captación de CO_2 que son altamente carbonosos y funcionalizados con oxígeno. En la metodología, los materiales se producen por activación con KOH a 800 °C y presentan elevadas áreas superficiales específicas y contenidos de microporos que se controlan fácilmente ajustando la concentración de KOH. En los resultados, el material de mejor rendimiento, PAB3, con la mayor superficie específica (2473 $\text{m}^2 \text{g}^{-1}$), volumen de microporos (0,72 $\text{cm}^3 \text{g}^{-1}$) y anchura de poros (0,74 nm). PAB3 demuestra una

fuerte adsorción de CO₂ de 6,2 mmol g⁻¹ a 0 °C/1 bar y 26,8 mmol g⁻¹ a 0 °C/30 bar debido a su porosidad altamente desarrollada y a sus sobresalientes características texturales. Se concluye que en la mayor eficacia en la captura de CO₂, se ha descubierto que el material optimizado PAB3 es térmicamente estable, lo que lo convierte en un candidato idóneo en el campo de la captura de carbono. Las cualidades superiores del material sintético también implican que estos materiales podrían utilizarse para otras aplicaciones relacionadas con la adsorción.

En el trabajo de Achaiah et al., (2023, p.1), el objetivo fue elaborar un material adsorbente de metales presente en medio acuoso con el uso de Schiff de quitosano funcionalizado con MoS₂ incorporada con nanopartículas de Fe₃O₄. En la metodología, se utilizó 5-azido-3-metil-1-fenil-1H-pirazol-4-carbaldehído, funcionalizándolo con Fe₃O₄-MoS₂, creando un nuevo material base Schiff de quitosano a base de pirazol, en el que las nanopartículas se incorporan dentro de la matriz de gel. XRD, SEM, FTIR, EDS y TGA fueron algunos de los métodos utilizados para describir el material compuesto. Se examinó el proceso de absorción del material adsorbente por soluciones acuosas con concentraciones de iones metálicos que oscilaban entre 20 y 100 mgL⁻¹. En los resultados, las mayores capacidades de adsorción del material para Cr(VI) y Cu(II), respectivamente, fueron de 200,00 y 125,00 mg/g. Se concluye que el parámetro termodinámico analizado demostró que el proceso de adsorción es endotérmico y espontáneo por naturaleza y utilizando las soluciones de decapado adecuadas, se puede hacer posible la reutilización del material compuesto.

Este estudio, Choi et al., (2020, p.1), planteó como objetivo describir la creación de una membrana de nanofibras de celulosa con funcionalización tiol para adsorber con éxito iones de metales pesados. En la metodología, se realizó la desacetilación de nanofibras de acetato de celulosa electrospun y la posterior esterificación de una molécula precursora de tiol y se añadió tiol a la superficie de las nanofibras de celulosa. Se utilizaron isotermas de adsorción para evaluar el mecanismo de adsorción. La isoterma de Langmuir indicó que los iones metálicos forman una monocapa superficial con una energía de adsorción uniformemente distribuida. En los resultados, los iones Cu(II), Cd(II) y Pb(II)

presentaron capacidades de adsorción máximas de 49,0, 45,9 y 22,0 mg g⁻¹, respectivamente, en la isoterma de Langmuir. Según las capacidades de adsorción en función del tiempo, que eran coherentes con un modelo cinético de pseudo-segundo orden, la quimisorción de cada ion metálico doblemente cargado tiene lugar cuando hay dos grupos tiol presentes en la superficie. Se concluye que estos resultados ponen de relieve el valor del funcionamiento de la superficie de materiales de celulosa biocompatibles, no tóxicos y sostenibles para aumentar su potencial y utilidad en aplicaciones de remediación de aguas.

En el estudio de Wang et al., (2022, p.1), El objetivo era desarrollar un adsorbente funcionalizado (CS-PAR) basado en quitosano para la adsorción directa en un solo paso de iones de cobre en soluciones. En el proceso se utilizaron varios métodos de caracterización para demostrar la eficacia de la síntesis del CS-PAR. Los resultados del experimento mostraron que la mayor capacidad de adsorción de CS-PAR para iones Cu(II) fue de 170,23 mg/g. Según los modelos de Langmuir y de pseudo-segundo orden, el Cu(II) se adsorbió en el CS-PAR mediante un proceso de adsorción química monocapa en la superficie de un medio homogéneo. La capacidad del adsorbente para fijar iones Cu(II) se debió a la complejación de grupos funcionales que contienen N en la superficie del adsorbente con Cu(II). En conclusión, se afirma sobre la gran utilidad práctica del adsorbente y su capacidad para eliminar eficazmente el metal pesado cobre de las aguas residuales basándose en los datos obtenidos.

En el artículo de Jiao et al., (2022, p.2), El objetivo era desarrollar un hidrogel novedoso para quimioluminiscencia (CL) que fuera ácido poliacrílico aglutinado con lignina sulfometilada (SL-g-PAA) para eliminar los iones de metales pesados de las aguas residuales. Para mejorar su solubilidad en agua y proporcionar un número significativo de sitios activos para la adsorción de iones de metales pesados, primero se sulfometiló la lignina como parte de la técnica. Los resultados mostraron que el hidrogel SL-g-PAA fabricado, que tiene un alto contenido en lignina, eliminaba varios iones metálicos de la simulación de aguas residuales con gran rapidez y eficacia. El sistema de LC resultante tuvo una duración prolongada y una alta intensidad de LC que pudo observarse durante más de 24 horas, incluso en total oscuridad. Se concluye que la combinación de

un método de producción sencillo, materias primas renovables y un enfoque creativo para la aplicación secuencial en adsorción y CL hace que este hidrogel compuesto a base de lignina sea muy prometedor para su uso en imágenes biológicas, fuentes de luz fría y tratamiento de aguas residuales.

En el trabajo de Chen et al., (2021, p.1), el objetivo fue funcionalizar ninhidrina en quitosano para obtener un adsorbente para la adsorción de iones Pb(II). En la metodología, la CS-Ninhidrina sintetizada se evaluó mediante análisis SEM-EDS, XRD y FTIR. En los resultados, con las pruebas de adsorción estática se revelaron que el CS-Ninhydrin tenía una mayor capacidad de adsorción (196 mg/g), un tiempo de equilibrio corto de 120 minutos, y una buena tasa de eliminación de iones Pb(II) en un amplio rango de pH de 3 a 7. Según los modelos de pseudo segundo orden y Langmuir, el Pb(II) fue adsorbido por la CS-Ninhidrina en una sola capa por adsorción química. La reacción fue un proceso exotérmico que se produjo espontáneamente, según las pruebas de temperatura. El CS-Ninhydrin demostró una alta selectividad hacia los iones Pb(II) en el experimento con aguas residuales. Tras cinco ciclos de adsorción-desorción, la reutilización del CS-Ninhydrin fue impecable. Las interacciones quelantes y electrostáticas entre los grupos N y O del CS-Ninhidrina y los iones de Pb(II) constituyeron el principal mecanismo de adsorción. Por lo tanto, se concluye que el nuevo adsorbente CS-Ninhidrina fomentaría el uso generalizado del quitosano en la adsorción de Pb(II).

En el trabajo de Huang et al., (2022, p.1), El objetivo era aumentar la adsorción selectiva de Pb(II) de aguas residuales multimetálicas basada en el anión-sinergismo mediante el uso de nanopartículas de sílice magnética recubiertas de quitosano modificado con DTPA (FFO@Sil@Chi-DTPA), un nuevo adsorbente magnético que se fabricó y empleó eficientemente. Para cambiar el tipo de adsorción selectiva de metales, se emplearon adsorbentes en un experimento competitivo en una solución multiiónica tanto antes como después de la amidación. FFO@Sil@Chi-DTPA mostró una selectividad superior en la captura de Pb(II) en los resultados, mientras que FFO@Sil@Chi mostró una adsorción extremadamente selectiva de plata. Más importante aún, la adsorción selectiva de Pb(II)S por FFO@Sil@Chi-DTPA aumentó de 111,71 a 268,01 mg g⁻¹ cuando

las concentraciones de MB coexistentes variaron de 0 a 100 mg L⁻¹ a pH 6,0. En conclusión, nuestro trabajo ofrece un nuevo método para estudiar nuevos adsorbentes que puedan mejorar la eliminación selectiva de metales pesados de aguas residuales complejas, todo ello basado en el anión-sinergismo.

A continuación, se presentan algunos de los términos más relevantes del estudio para su fácil comprensión:

Funcionalizado: La funcionalización es el proceso por el cual el biocarbón se vuelve más biocompatible, más soluble en diversos sistemas de disolventes y más selectivo al adherirse a los receptores de las zonas tisulares objetivo (Chowshury, 2019).

Adsorción: El proceso de adsorción es la adherencia a una superficie sólida (adsorbente) de los átomos, iones o moléculas de un gas, líquido o sólido disuelto (adsorbato) (Selley y Sonnenberg, 2023).

Biocarbón: Debido a la existencia de átomos de carbono aromático en hidrocarburos aromáticos condensados, que se producen en cantidades significativas y en una variedad de formas cristalinas, incluyendo carbono amorfo, turbostático y/o grafito, el biocarbón se considera un sólido mecánica y químicamente estable (Simeonidis et al., 2022).

Diversos países del mundo sufren escasez de agua como consecuencia de circunstancias medioambientales extremas provocadas por un clima seco o semiárido (Issanova et al., 2018). Pero, además, los intensos sectores agrícola e industrial del país, que dependen en gran medida del abastecimiento de aguas superficiales y subterráneas, están agravando el déficit hídrico (Smagulova et al., 2022).

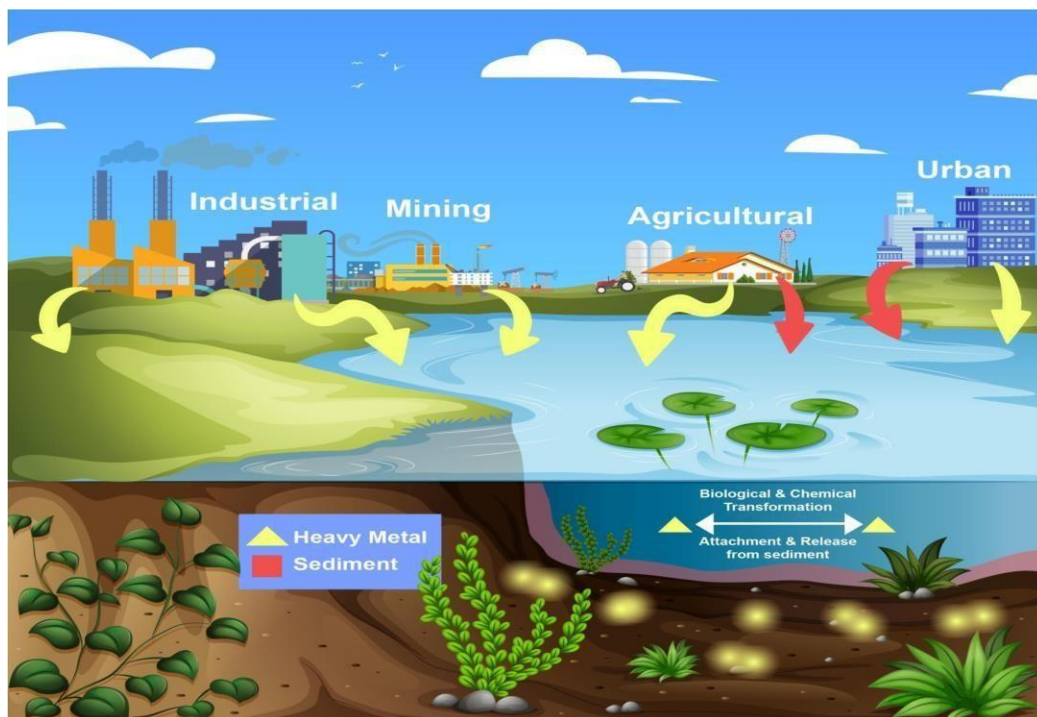
Aunque la tecnología nos haya aportado muchas comodidades, la industrialización ha contribuido en gran medida a la degradación del medio ambiente, incluida la contaminación del agua, donde este problema viene influye tanto en las personas como en otros seres vivos (Baby et al., 2023).

Como consecuencia de la intensa expansión de la industria, se producen flujos de aguas residuales que contienen diversos compuestos químicos peligrosos, entre ellos metales pesados (Kazmierczak et al., 2021).

Bacterias, virus, compuestos orgánicos, tintes e iones de metales pesados, como Cr^{6+} , Pb^{2+} , Cd^{2+} , Zn^{2+} , Ni^{2+} , As^{3+} y Hg^{2+} , entre otros, pueden contaminar el agua (Baby et al., 2018). Los iones de metales pesados de estos contaminantes no son biodegradables y generan la acumulación constante en el cuerpo humano (Yang et al., 2018).

Los iones de metales pesados llegan a las masas de agua y al medio ambiente procedentes de diversas fuentes, como residuos industriales, fuentes de energía, fertilizantes, plaguicidas, productos derivados del petróleo, medicamentos, industrias papeleras y de pasta de papel, y muchos otros lugares (Bolisetty et al., 2019). Tanto a escala mundial como en las cuencas hidrográficas, los problemas de contaminación están provocando su deterioro y la pérdida de biodiversidad (Custodio y Peñaloza, 2021).

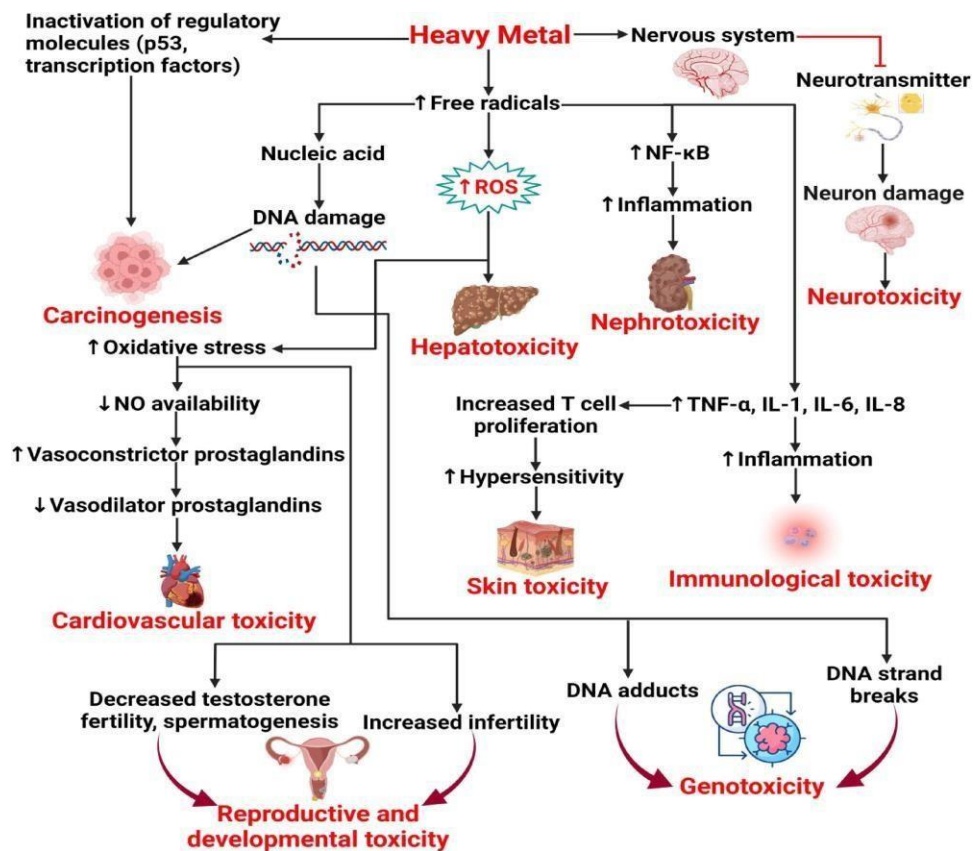
Figura 1. Explicación esquemática sobre los metales pesados en el medio ambiente



Fuente: Mitra et al., (2022)

Estos contaminantes traen consigo en el ser humano daños a la salud al ser cancerígenos; dañando el cerebro, la piel, el hígado, los riñones, provocando anemia, hepatitis y úlceras (Bali y Tlili, 2019).

Figura 2. Mecanismo de toxicidad de metales pesados en humanos



Fuente: Harischandra et al., (2019)

También, la falta de acceso a servicios de agua, saneamiento e higiene presentan una serie de efectos negativos sobre la salud; aumenta significativamente la carga de enfermedades diarreicas y la mayor causa de muerte infantil en el mundo (Zerbo et al., 2021).

Debido a estos cambios, en los últimos años se ha hecho necesario el tratamiento adecuado para la remoción de estos iones metálicos del agua para evitar que se siga afectando la salud humana y los ecosistemas.

Algunas de las técnicas convencionales más populares para eliminar los iones metálicos tóxicos de las soluciones acuosas son la ósmosis inversa, la precipitación, la evaporación, la fluorescencia colorimétrica y radiométrica, la

biosorción fúngica, que es la biosorción bacteriana, la fitoextracción, la electrodeposición, el intercambio iónico, la separación por membranas y la coagulación.

No tienen tanto éxito como afirman muchos estudios debido al consumo de energía, el elevado coste y la escasa concentración de volumen de eliminación de iones metálicos (Deniz y Karabulut, 2017). Por lo que, al ser asequible, utilizar menos reactivos químicos y ser ecológicamente respetuosa, investigaciones demuestran que la adsorción de residuos agrícolas es la tecnología más prometedora para eliminar los iones metálicos peligrosos de las aguas residuales (Basu et al., 2017).

El proceso de adsorción, que implica la unión de iones, moléculas o átomos a la superficie adsorbente, se emplea actualmente para limpiar las soluciones acuosas de metales pesados (Al-Saydeh et al., 2017).

Este proceso consiste en la transferencia de una sustancia de la fase líquida a una superficie sólida, lo que da lugar a interacciones químicas y/o físicas (Molenda, 2018).

Un campo importante es la creación y modificación de sorbentes asequibles para la eliminación de metales pesados de los recursos hídricos. Donde, debido a su mayor afinidad, capacidad y selectividad hacia los iones metálicos, los materiales biológicos, como los residuos agrícolas, son buenas alternativas a los adsorbentes tradicionales (Deshpande, 2017).

Figura 3. Métodos para sintetizar la biomasa al carbono funcional

Métodos Carbonización hidrotermal (solvotérmica)

Craqueo catalítico

Craqueo térmico

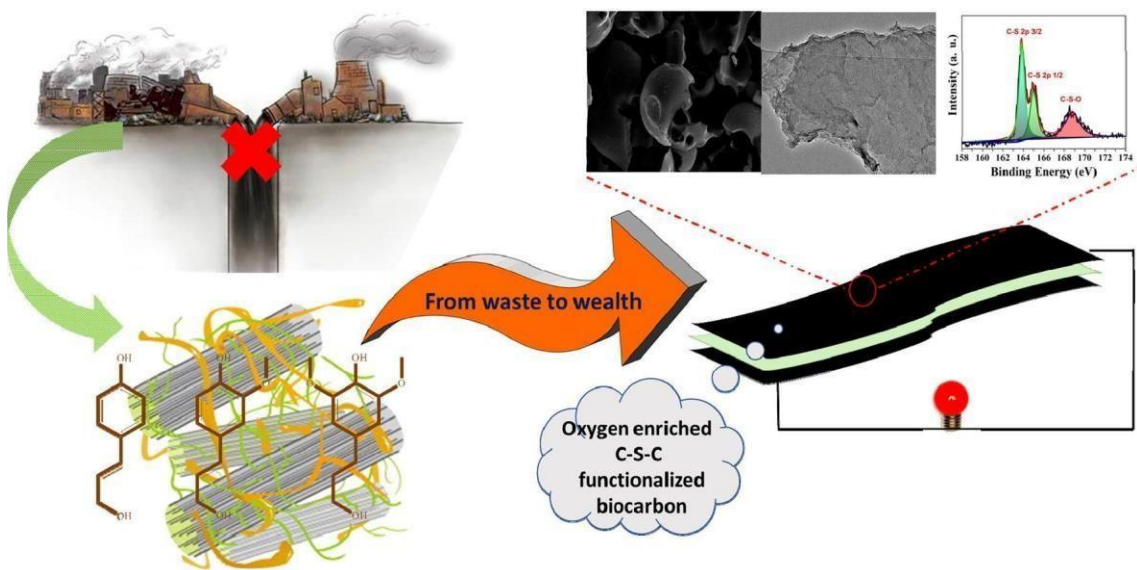
Modificado de: Inoue et al., (2021)

Pero, además, los materiales de carbono funcionalizado se han propuesto como adsorbentes para el tratamiento del agua, electrodos para supercondensadores

de alto rendimiento y catalizadores para la eliminación de contaminantes y las transformaciones químicas (Inoue et al., 2021). Pueden producirse a partir de biomasa renovable mediante los siguientes métodos; como se detalla en la figura 3.

Las características de estos biomateriales ayudan a reducir la concentración de iones metálicos en aguas contaminadas hasta límites legales aceptables o a desintoxicarlas (Guo et al., 2022).

Figura 4. Biocarbón funcionalizado enriquecido en oxígeno



Fuente: Deng et al., (2020)

Por ejemplo, en la figura 4 se muestra el Biocarbón funcionalizado enriquecido en oxígeno.

Los nanomateriales funcionalizados presentan varias ventajas con respecto a sus homólogos convencionales, como la mejora de sus características; las capacidades físicas, químicas, mecánicas y de otro tipo de los nanomateriales funcionalizados que les permite superar a sus homólogos convencionales (Tiza et al., 2023).

III. METODOLOGÍA

III.1. Tipo y diseño de investigación

3.3.1. Tipo de investigación

La utilización de conocimientos teóricos y la ejecución de una tarea práctica para abordar un problema que afecta a un grupo de personas hacen de este estudio una investigación aplicada; además, las conclusiones extraídas se basarán en los resultados.

Ante esto, Abrahamse W. (2019) menciona que la investigación aplicada es un tipo de diseño de estudio cuantitativo que busca una solución creativa a un problema que afecta a una persona, un grupo o una sociedad. Al aplicar los problemas a una serie de situaciones, este tipo de investigación también permite producir nueva información y, al mismo tiempo, reducir la incertidumbre social (Castro M. et al., 2023).

3.3.2. Diseño de investigación

Dado que el diseño experimental permite cambiar una variable para ver cómo se comporta la segunda, se aplicó el diseño experimental en la presente investigación. Cambiando la variable independiente (Biocarbón funcionalización con ñuña (*Phaseolus vulgaris* L. y ácido sulfúrico).

Según Byron F. et al., (2018), una muestra representativa se elige mediante un diseño experimental porque este tipo de diseño experimental manipula una o más variables y se establece para permitir la utilización de una gama de valores de tratamiento.

3.2. Variable y operacionalización

Las dimensiones y los indicadores de cada variable dependiente e independiente se incluyen en la matriz de operacionalización de variables, junto con una explicación operativa y teórica (véase el anexo 1).

- ✓ Variable dependiente: Adsorción de metales en agua de consumo humano

✓ Variable independiente: Biocarbón funcionalización con ñuña (*Phaseolus vulgaris L.* y ácido sulfúrico

Definición conceptual de la variable dependiente: El proceso de adsorción, implica la unión de iones, moléculas o átomos a la superficie adsorbente, para limpiar las soluciones acuosas de los metales pesados (Al-Saydeh et al., 2017). Este proceso consiste en la transferencia de una sustancia de la fase líquida a una superficie sólida, lo que da lugar a interacciones químicas y/o físicas (Molenda, 2018).

Definición conceptual de la variable independiente: El biocarbón funcionalización se produce a partir de biomasa renovable mediante carbonización hidrotermal o craqueo térmico o catalítico y eliminan los metales del agua mediante la adsorción (Inoue et al., 2021).

Definición operacional de la variable dependiente: Para el proceso de adsorción se utilizó la prueba de jarras, donde el agua sintética se preparó por separado con una relación de 50 mg de soluciones de manganeso, cadmio y plomo por cada litro de agua, a un pH 7 y las muestras fueron muestras con manganeso (MM), muestra con cadmio (MC) y muestra con plomo (MP) Y sub-muestras de MA1, MA2, MA3, MC1, MC2, MC3, MP1, MP2, MP3. Realizándose 3 tratamientos para cada metal con 3 repeticiones a dosis de 2, 6 y 10g en un tiempo de 60 minutos a 350 rpm.

Definición operacional de la variable independiente: En el tratamiento de la funcionalización del biocarbón, en primer lugar, se realizó el biocarbón a base de ñuña (*Phaseolus vulgaris L.*) a una temperatura de 700°C durante un tiempo de 1 hora; después de obtener el producto se realizó la funcionalización del biocarbón con el tratamiento de ácido sulfúrico a una temperatura de 90°C por un tiempo de 24 horas.

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población

La población se encontró conformado por el agua sintética contaminada a nivel de laboratorio.

Criterio de inclusión: agua de caño que se contaminó para obtener una muestra de agua sintética, con una relación de 50 mg de soluciones de manganeso, cadmio y plomo por cada litro de agua.

Criterio de exclusión: agua contaminada de alguna empresa o industria.

3.3.2. Muestra

La muestra fue de un litro de agua sintética para cada tratamiento con sus repeticiones.

3.3.3. Muestreo

Para estimar valores estadísticos con la precisión adecuada o comprobar hipótesis estadísticas, se utilizaron procedimientos de muestreo (Martínez S., 2012).

Ante ello, dado que la muestra se tomó en un laboratorio, los valores no se adquirieron de forma aleatoria y, por tanto, estuvieron contaminados con valores por encima del LMP; en consecuencia, la estrategia de muestreo fue no probabilística.

En la investigación cuantitativa, el muestreo no probabilístico también se ha descrito como una técnica para aumentar los índices de respuesta (Asiamah N. et al., 2022).

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La recopilación de datos en investigación consiste en compilar y analizar información procedente de muchas fuentes con el fin de ofrecer una imagen amplia del tema investigado.

Dado que los resultados de los tratamientos se mostraron en gráficos y tablas, el enfoque que se empleó fue observacional.

Siendo que el desarrollo de marcos teóricos y conceptuales, así como la explicación de los resultados, podrían verse favorecidos por métodos cualitativos de recopilación de datos observacionales (Walshe C. et al., 2012).

Del mismo modo, se aplicaron las herramientas de recogida de datos indicadas en los anexos, cada una de las cuales tiene requisitos de validación específicos.

Los equipos de laboratorio enumerados en el cuadro 1 son adecuados para tareas como la caracterización fisicoquímica y se han calibrado adecuadamente para garantizar la exactitud de los resultados obtenidos de cada muestra.

Tabla 1. Validación de equipos de laboratorio

Equipos	Modelo	Definición	Aplicación
pH metro	HANNA 8424	Se llama pH-metro y mide la tensión entre dos electrodos, sirviendo el electrodo como conductor eléctrico de un componente no metálico (Vitthal S. et al., 2016).	Se utilizará para mediar el grado de acidez en la caracterización fisicoquímica y establecer un pH neutro en las soluciones.
Floculador	VELP Serie: AO109	Aplica una agitación suave a velocidades decrecientes a la mayor parte del agua coagulada para favorecer el desarrollo y la conservación de los flóculos (García Á. et al., 2023).	Es utilizado para remover los metales pesados presentes en el agua sintética, mediante el biocarbón funcionalizado.

3.5. Procedimiento

1) RECOLECCION Y LIMPIEZA DE MATERIA PRIMA (Ñuña - *Phaseolus vulgaris* L.)

- 1.1. Se realizó la recolección y almacenamiento en bolsas ziploc de la cascara de ñuña - *Phaseolus vulgaris L.*, aproximadamente 15 kg para ser trasladado a laboratorio. Cabe recordar que la cascara recolectada fue el residuo que queda posterior a su cocción.
- 1.2. El primer proceso dentro de laboratorio fue la limpieza y desinfección de la materia prima, mediante un primer lavado con potable destilada se remojo la cascara de ñuña por alrededor de 30 minutos luego cuidadosamente se retiró el agua con excesos de material no deseado.
- 1.3. Para un segundo lavado, se utilizó agua destilada con la finalidad de retirar todos los desechos del material, dicho proceso se realizó por triplicado para una mejor y mayor desinfección.

2) TRATAMIENTO FISICO (*Phaseolus vulgaris L.*)

- 2.1. Luego de obtener el material cascara de ñuña (*Phaseolus vulgaris L.*), esta fue llevada a la estufa por un periodo de 1 hora a 700°C con la finalidad de eliminar la humedad contenida.
- 2.2. Seguidamente, se realizó un pre-triturado manual utilizando un motero, con el objetivo de obtener partículas pequeñas.
- 2.3. Después de la pre-trituración, se realizó un segundo triturado utilizando una pequeña licuadora portátil, con la finalidad de obtener un tamaño mínimo o casi pulverizado.
- 2.4. Finalmente, el material pulverizado obtenido previamente, fue dispuesto en un tamiz N° 50, para obtener mejor tamaño de partículas,

3) TRATAMIENTO QUIMICO (*Phaseolus vulgaris L.*)

El tratamiento químico fue realizado en relación de 50 mL de solución de ácido sulfúrico (H₂SO₄) en medio líquido por cada gramo de biocarbón.

- 3.1. En un frasco de vidrio se dispuso 50 gramos de biocarbón y se adiciono 2.5 L de ácido sulfúrico (H₂SO₄), para colocarlo en un agitador magnético a 500 rpm por un periodo de 24 horas, dicho proceso con el fin de homogenizar los productos. Esta experimentación fue realizada por triplicado para la obtención de biosorbente funcionalizado.

- 3.2. Al transcurrir dicho periodo de tiempo en el proceso anterior, se procedió a decantar el biocarbón por alrededor de 3 horas, de este modo evacuar el líquido sobrante.
- 3.3. Seguidamente se realizó por triplicado un lavado del material obtenido, utilizando agua destilada, repitiendo el paso anterior, de tal modo alcanzar un pH neutro.
- 3.4. Finalmente, el biosorbente fue dispuesto en la estufa por 24 horas a una temperatura de 90°C.

4) SISTEMA BATCH O PRUEBA DE JARRAS

- 4.1. Antes de iniciar con la prueba de jarras, se realizó la preparación del sorbato es decir del agua sintética, en 3 baldes de 20 litros se rotulo la identificación de las muestras siendo estas: muestra con manganeso (MM), muestra con cadmio (MC) y muestra con plomo (MP), la preparación se realizó considerando una relación de:
 - MM: 25 mg de soluciones de manganeso por litro de agua
 - MC: 35 mg cadmio por litro de agua
 - MP: 50 mg plomo por cada litro de agua.Además, se mantuvo un pH neutro de 7 en cada muestra.
- 4.2. Seguidamente, la parte experimental se realizó en vasos precipitados con 1000 mL de cada muestra sintética y codificados de acuerdo a las sub-muestras determinadas en el punto anterior. En la siguiente tabla se muestra el diseño experimental planteado.

Tabla 2. Diseño experimental

Muestras	Submuestras	Tratamiento	Replicas	Variables		
				Dosis	Tiempo	Velocidad de agitación
Muestra con Manganeso	MB		-	-	-	-
	MM1	1	R1	2 gramos	30 min	350 rpm
	MM2		R2		60 min	
	MM3		R3		90 min	
	MM4	2	R1	6 gramos	30 min	350 rpm
	MM5		R2		60 min	
	MM6		R3		90 min	
	MM7	3	R1	10 gramos	30 min	350 rpm
	MM8		R2		60 min	
MM9	R3		90 min			
Muestra con Cadmio	MB		-	-	-	-
	MC1	1	R1	2 gramos	30 min	350 rpm
	MC2		R2		60 min	
	MC3		R3		90 min	
	MC4	2	R1		30 min	350 rpm
	MC5		R2		60 min	

	MC6		R3	6 gramo s	90 min	
	MC7	3	R1	10 gramo s	30 min	350 rpm
	MC8		R2		60 min	
	MC9		R3		90 min	
	MB		-	-	-	-
Muestra con Plomo	MC1	1	R1	2 gramo s	30 min	350 rpm
	MC2		R2		60 min	
	MC3		R3		90 min	
	MC4	2	R1	6 gramo s	30 min	350 rpm
	MC5		R2		60 min	
	MC6		R3		90 min	
	MC7	3	R1	10 gramo s	30 min	350 rpm
	MC8		R2		60 min	
	MC9		R3		90 min	

4.3. Finalmente se realizó una caracterización al término de cada experimentación, de tal modo determinar si la adsorción de los metales obtuvo valores considerables a los ECA D.S. N° 004-2017-MINAM.

3.6. Método de análisis de datos

Los datos se analizarán mediante estadística inferencial, estadística descriptiva, la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis y la prueba de Tukey para evaluar las hipótesis utilizando el programa estadístico SPSS.

- Se utilizó el programa informático SPSS para procesar los datos de caracterización fisicoquímica de la muestra inicial, así como los datos recogidos al término del experimento.
- También se utilizó el programa SPSS para la comprobación de hipótesis con un nivel de confianza de 0,05.

3.7. Aspectos éticos

El presente trabajo defiende los siguientes principios morales:

El uso adecuado de los datos producidos por las metodologías que se utilizarán en este estudio satisface la responsabilidad y la objetividad. Además, el autor responsable se compromete a abstenerse de alterar o apropiarse indebidamente de los datos del estudio que se utilicen en otras publicaciones.

Honestidad: Se demuestra acatando el código de ética de la Universidad Cesar Vallejo y utilizando citas que respeten el derecho de autoría de acuerdo con la Norma ISO 690.

IV. RESULTADOS

En la siguiente tabla, se visualiza los valores iniciales obtenidos en las muestras de agua sintética (MM, MC y MP), luego de realizar su análisis respectivo mostrando así valores de concentración de los metales manganeso, cadmio y plomo que superan los Estándares de Calidad de Ambiental del D.S. N° 004-2017-MINAM, Categoría 1: Poblacional y Recreacional, Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable. A2, Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional.

Tabla 3. Valores iniciales de los metales en agua sintética

Muestra	Metal	Unidad	Concentración	ECA*
MM	Manganeso	mg/L	25	0.4
MC	Cadmio	mg/L	35	0.005
MP	Plomo	mg/L	50	0.05

* D.S. N° 004-2017-MINAM.

De acuerdo a los procedimientos descritos previamente, se procedió a realizar el primer tratamiento en la muestra de agua con manganeso (MM) con una dosis de 2 gramos de biocarbón funcionalizado con ñuña (*Phaseolus vulgaris L.*) y ácido sulfúrico, se consideró también 3 tiempos de tratamiento de 30, 60 y 90 minutos obteniendo así una concentración final del metal, porcentaje de remoción y un valor de adsorción del mismo, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4. Tratamiento 1 para adsorción de manganeso

Concentración Inicial manganeso – 25 mg/L									
Tiempo (min)	Replicas	Submuestras	Concentración Final			Remoción		Adsorción	
			Mn (mg/L)	Pro medio	%	Pro medio	Mn (mg/L)	Pro medio	
-	-	MB	25	0	0	0	0	0	
30	R1	MM1	15	15	40	40	10	10	
	R2	MM2	16		36		9		
	R3	MM3	14		44		11		
60	R1	MM1	9	9	64	64	16	16	

	R2	MM2	10		60		15	
	R3	MM3	8		68		17	
90	R1	MM1	10	10	60	61.3	15	15
	R2	MM2	10		60		15	
	R3	MM3	9		64		16	

Como se observa en la tabla anterior al aplicar una dosis de 2 gramos de biocarbón funcionalizado, la dosis inicial de 25 mg/L de manganeso, tuvo una reducción favorable de hasta 64% en promedio en un tiempo de 60 minutos, el cual se consideró tiempo óptimo ya que luego a 90 minutos la remoción fue constante. Cabe agregar que la adsorción obtenida fue de 16 mg/L en promedio.

Seguidamente, se realizó el segundo tratamiento en la muestra de agua con manganeso (MM) con una dosis de 6 gramos de biocarbón funcionalizado con ñuña (*Phaseolus vulgaris L.*) y ácido sulfúrico, se consideró también 3 tiempos de tratamiento 30, 60 y 90 minutos obteniendo así una concentración final del metal manganeso, porcentaje de remoción y un valor de adsorción del mismo, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 5. Tratamiento 2 para adsorción de manganeso

Concentración Inicial manganeso – 25 mg/L									
Tiempo (min)	Replicas	Submuestras	Concentración Final			Remoción		Adsorción	
			Mn (mg/L)	Pro medio	%	Pro medio	Mn (mg/L)	Pro medio	
-	-	MB	25	0	0	0	0	0	
30	R1	MM4	11	11	56	54.7	14	14	
	R2	MM5	11		56		14		
	R3	MM6	12		52		13		
60	R1	MM4	6	5	76	78.7	19	20	
	R2	MM5	5		80		20		
	R3	MM6	5		80		20		
90	R1	MM4	8	7	68	70.7	17	18	
	R2	MM5	7		72		18		
	R3	MM6	7		72		18		

En la tabla anterior se observa el tratamiento 2 que al aumentar la dosis de biocarbón funcionalizado a 6 gramos, la dosis inicial de manganeso, reduce con mejor eficiencia su concentración en comparación al tratamiento 1, obteniendo una remoción promedio de 78.7% del metal en un tiempo de 60 minutos, al transcurrir más tiempo la remoción fue constante. Cabe agregar que la mejor adsorción promedio obtenida fue de 20 mg/L.

A continuación, se presenta el tercer tratamiento realizado en muestra de agua con manganeso (MM) con una dosis de 10 gramos de biocarbón funcionalizado con ñuña (*Phaseolus vulgaris L.*) y ácido sulfúrico, con tiempos diferentes de tratamiento de 30, 60 y 90 minutos obteniendo así una concentración final del metal manganeso porcentaje de remoción y un valor de adsorción del mismo, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 6. Tratamiento 3 para adsorción de manganeso

Concentración Inicial manganeso – 25 mg/L									
Tiempo (min)	Replicas	Submuestras	Concentración Final			Remoción		Adsorción	
			Mn (mg/L)	Pro medio	%	Pro medio	Mn (mg/L)	Pro medio	
-	-	MB	25	0	0	0	0	0	
30	R1	MM7	4	5	84	80	21	20	
	R2	MM8	6		76		19		
	R3	MM9	5		80		20		
60	R1	MM7	1	1	96	96.4	24	24	
	R2	MM8	0.9		96		24		
	R3	MM9	0.8		97		24		
90	R1	MM7	1	2	92	93.3	23	23	
	R2	MM8	2		96		24		
	R3	MM9	2		92		23		

Finalmente, en la tabla anterior se muestra mejor eficiencia de remoción del metal manganeso, ya que para este tratamiento 3 se aumentó la dosis de biocarbón funcionalizado a 10 gramos, obteniendo una remoción promedio de 96.4 % del contaminante en un tiempo de 60 minutos, al transcurrir más tiempo

la remoción fue constante. Cabe agregar que la mejor adsorción promedio obtenida fue de 24 mg/L.

A continuación, se detallarán los resultados obtenidos después de realizar los tratamientos definidos previamente en la muestra de agua con cadmio (MC). Con una concentración inicial de 35 mg/L, se realizó el primer tratamiento con dosis de 2 gramos de biocarbón funcionalizado con ñuña (*Phaseolus vulgaris L.*) y ácido sulfúrico, considerando 3 tiempos de tratamiento; 30, 60 y 90 minutos obteniendo así los siguientes resultados de concentración final, porcentaje de remoción y valor de adsorción del metal cadmio.

Tabla 7. Tratamiento 1 para adsorción de cadmio

Concentración Inicial Cadmio – 35 mg/L									
Tiempo (min)	Replicas	Submuestras	Concentración Final			Remoción		Adsorción	
			Cd (mg/L)	Promedio	%	Promedio	Cd (mg/L)	Promedio	
-	-	MB	35	0	0	0	0	0	
30	R1	MC1	18	18	48.6	49.5	17	17	
	R2	MC2	18		48.6		17		
	R3	MC3	17		51.4		18		
60	R1	MC1	9	9	74.3	74.3	26	26	
	R2	MC2	8		77.1		27		
	R3	MC3	10		71.4		25		
90	R1	MC1	10	10	71.4	71.4	25	25	
	R2	MC2	10		71.4		25		
	R3	MC3	10		71.4		25		

Como se observa en la tabla anterior al aplicar una dosis de 2 gramos de biocarbón funcionalizado, la dosis inicial de 35 mg/L de cadmio, tuvo una remoción del metal de 74.3% en promedio en un tiempo de 60 minutos, el cual se consideró tiempo óptimo ya que luego a 90 minutos la remoción fue constante. Cabe agregar que la adsorción obtenida fue de 26 mg/L en promedio.

Seguidamente, se realizó el segundo tratamiento en la muestra de agua con cadmio (MC) con una dosis de 6 gramos de biocarbón funcionalizado con ñuña (*Phaseolus vulgaris L.*) y ácido sulfúrico, se consideró también 3 tiempos de

tratamiento 30, 60 y 90 minutos obteniendo así resultados de concentración final, porcentaje de remoción y un valor de adsorción, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 8. Tratamiento 2 para adsorción de cadmio

Concentración Inicial cadmio – 35 mg/L									
Tiempo (min)	Replicas	Submuestras	Concentración Final			Remoción		Adsorción	
			Cd (mg/L)	Promedio	%	Promedio	Cd (mg/L)	Promedio	
-	-	MB	35	0	0	0	0	0	
30	R1	MC4	12	11	65.1	68.6	23	24	
	R2	MC5	10		71.4		25		
	R3	MC6	11		68.6		24		
60	R1	MC4	4	4	88.6	87.6	31	31	
	R2	MC5	5		85.7		30		
	R3	MC6	4		88.6		31		
90	R1	MC4	5	5	85.7	86.7	30	30	
	R2	MC5	5		85.7		30		
	R3	MC6	4		88.6		31		

Ahora bien, en la tabla anterior se observa que para el tratamiento 2 se aumentó la dosis de biocarbón funcionalizado a 6 gramos, teniendo mayor remoción del contaminante de hasta un promedio de 87.6% del metal en un tiempo de 60 minutos, al transcurrir más tiempo la remoción fue constante. Cabe agregar que la mejor adsorción promedio obtenida fue de 31 mg/L.

A continuación, se presenta el tercer tratamiento realizado en muestra de agua con cadmio (MC) con una dosis de 10 gramos de biocarbón funcionalizado con ñuña (*Phaseolus vulgaris L.*) y ácido sulfúrico, con tiempos diferentes de tratamiento de 30, 60 y 90 minutos obteniendo así una concentración final, porcentaje de remoción y un valor de adsorción del metal, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 9. Tratamiento 3 para adsorción de cadmio

Concentración Inicial Cadmio – 35 mg/L									
Tiempo (min)	Replicas	Submuestras	Concentración Final			Remoción		Adsorción	
			Cd (mg/L)	Promedio	%	Promedio	Cd (mg/L)	Promedio	
-	-	MB	35	0	0	0	0	0	
30	R1	MC7	8	8	77.1	77.1	27	27	
	R2	MC8	7		80		28		
	R3	MC9	9		74.3		26		
60	R1	MC7	0.7	0.7	98	98.1	34.3	34	
	R2	MC8	0.6		98.3		34.4		
	R3	MC9	0.7		98		34.3		
90	R1	MC7	0.9	1	97.4	97.2	34.1	34	
	R2	MC8	1		97.1		34		
	R3	MC9	1		97.1		34		

Finalmente, en la tabla anterior se muestra una mejor eficiencia de remoción del metal cadmio, ya que para este tratamiento 3 al aumentar la dosis de biocarbón funcionalizado se obtuvo una remoción promedio de 98.1 % del contaminante en un tiempo de 60 minutos, al transcurrir más tiempo la remoción fue constante. Cabe agregar que la mejor adsorción promedio obtenida fue de 34 mg/L.

Siguiendo con la parte experimental se llevó a cabo el análisis a la muestra de agua con el metal plomo (MP), con una concentración inicial de 50 mg/L, después de los tratamientos realizados se obtuvo obtenidos así los siguientes resultados.

El primer tratamiento realizado con una dosis de 2 gramos de biocarbón funcionalizado con ñuña (*Phaseolus vulgaris L.*) y ácido sulfúrico, considerando 3 tiempos de tratamiento; 30, 60 y 90 minutos se obtuvo una concentración final, porcentaje de remoción y valor de adsorción del metal tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 10. Tratamiento 1 para adsorción de plomo

Concentración Inicial Plomo – 50 mg/L									
Tiempo (min)	Replicas	Submuestras	Concentración Final			Remoción		Adsorción	
			Pb (mg/L)	Pro medio	%	Pro medio	Pb (mg/L)	Pro medio	
-	-	MB	50	0	0	0	0	0	
30	R1	MP1	30	29	40	41.3	20	21	
	R2	MP2	29		42		21		
	R3	MP3	29		42		21		
60	R1	MP1	14	14.7	72	70.7	36	35	
	R2	MP2	15		70		35		
	R3	MP3	15		70		35		
90	R1	MP1	11	11	78	77.3	39	39	
	R2	MP2	12		76		38		
	R3	MP3	11		78		39		

Como se observa en la tabla anterior al aplicar una dosis de 2 gramos de biocarbón funcionalizado, la dosis inicial de 50 mg/L de plomo, tuvo una remoción del metal de 77.3% en promedio en un tiempo de 90 minutos, es decir a mayor tiempo la remoción fue mejor. Cabe agregar que la adsorción obtenida fue de 39 mg/L en promedio.

Seguidamente, se realizó el segundo tratamiento en la muestra de agua con plomo (MP) con una dosis de 6 gramos de biocarbón funcionalizado con ñuña (*Phaseolus vulgaris L.*) y ácido sulfúrico, se consideró también 3 tiempos de tratamiento 30, 60 y 90 minutos obteniendo así resultados de concentración final, porcentaje de remoción y un valor de adsorción, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 11. Tratamiento 2 para adsorción de plomo

Concentración Inicial Plomo – 50 mg/L									
Tiempo (min)	Replicas	Submuestras	Concentración Final			Remoción		Adsorción	
			Pb (mg/L)	Pro medio	%	Pro medio	Pb (mg/L)	Pro medio	
-	-	MB	50	0	0	0	0	0	
30	R1	MP4	21	22	58	56.7	29	28	

	R2	MP5	22		56		28	
	R3	MP6	22		56		28	
60	R1	MP4	9	9	82	82	41	41
	R2	MP5	10		80		40	
	R3	MP6	8		84		42	
90	R1	MP4	7	6	86	88.7	43	44
	R2	MP5	5		90		45	
	R3	MP6	5		90		45	

Ahora bien, en la tabla anterior se observa que para el tratamiento 2 se aumentó la dosis de biocarbón funcionalizado a 6 gramos, teniendo mayor remoción del contaminante llegando hasta un promedio de 88.7% del metal en un tiempo de 90 minutos. Cabe agregar que la mejor adsorción promedio obtenida fue de 44 mg/L.

A continuación, se presenta el tercer tratamiento realizado en muestra de agua con plomo (MP) con una dosis de 10 gramos de biocarbón funcionalizado con ñuña (*Phaseolus vulgaris L.*) y ácido sulfúrico, con tiempos diferentes de tratamiento de 30, 60 y 90 minutos obteniendo así una concentración final, porcentaje de remoción y un valor de adsorción del metal, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 12. Tratamiento 3 para adsorción de plomo

Concentración Inicial Plomo – 50 mg/L								
Tiempo (min)	Replicas	Submuestras	Concentración Final		Remoción		Adsorción	
			Pb (mg/L)	Promedio	%	Promedio	Pb (mg/L)	Promedio
-	-	MB	35	0	0	0	0	0
30	R1	MP7	14	13	72	73.3	36	37
	R2	MP8	13		74		37	
	R3	MP9	13		74		37	
60	R1	MP7	5	4.3	90	91.3	45	46
	R2	MP8	4		92		46	
	R3	MP9	4		92		46	
90	R1	MP7	0.9	0.7	98.2	98.4	49.1	49
	R2	MP8	0.8		98.4		49.2	
	R3	MP9	0.7		98.6		49.3	

Como se puede observar en la tabla anterior se obtuvo una mejor eficiencia de remoción del metal plomo en este tratamiento 3 al aumentar la dosis de biocarbón funcionalizado a 10 gramos se obtuvo una remoción promedio de 98.4 % del contaminante en un tiempo de 90 minutos, es decir una adsorción promedio de 49 mg/L.

Ahora bien, en respuesta al objetivo 3 en la siguiente tabla se visualiza los valores finales obtenidos en las muestras de agua sintética (MM, MC y MP), luego de que estas pasen por los tratamientos previos.

Tabla 13. Valores finales de los metales en agua sintética

Tratamiento	Muestra	Metal	Unidad	Concentración Inicial	Promedio Concentración Final	Remoción (%)	ECA*
1	MM	Manganeso	mg/L	25	9	64	0.4
2			mg/L		5	78.7	
3			mg/L		1	96.4	
1	MC	Cadmio	mg/L	35	9	74.3	0.005
2					4	87.6	
3					0.7	98.1	
1	MP	Plomo	mg/L	50	11	77.3	0.05
2					6	88.47	
3					0.7	98.4	

* D.S. N° 004-2017-MINAM.

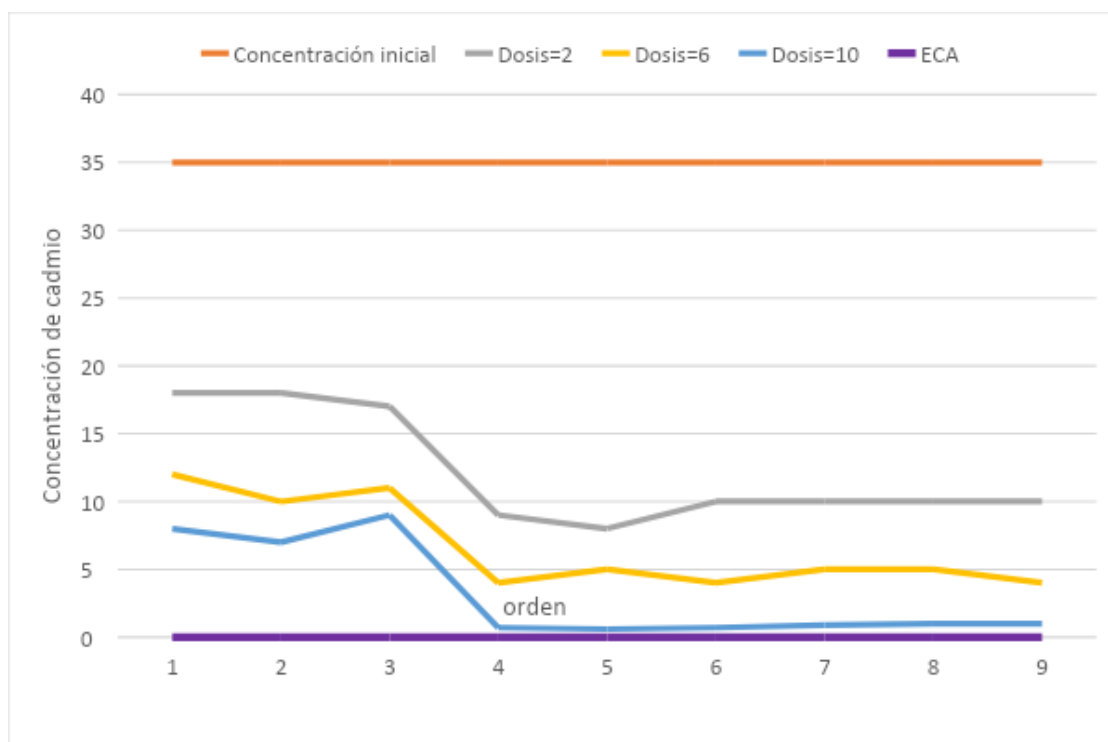
Tal como podemos observar en la tabla anterior, los valores en los metales de estudio tuvieron gran reducción, sin embargo, no lograron estar por debajo del ECA permitido. Cabe agregar que el tratamiento 3 en el cual se consideró una dosis del biocarbón funcionalizado de 10 gramos tuvo mejor efecto y el tiempo más óptimo para los metales manganeso y cadmio fue de 60 minutos, siendo el tiempo óptimo ya que a mayor tiempo (90 minutos), la reacción fue constante, no obstante, en el metal plomo a mayor tiempo se observó mayor reducción del contaminante.

Finalmente, es necesario mencionar que los tratamientos obtuvieron considerables porcentajes de remoción llegando hasta un máximo de 98%.

ESTADISTICA:

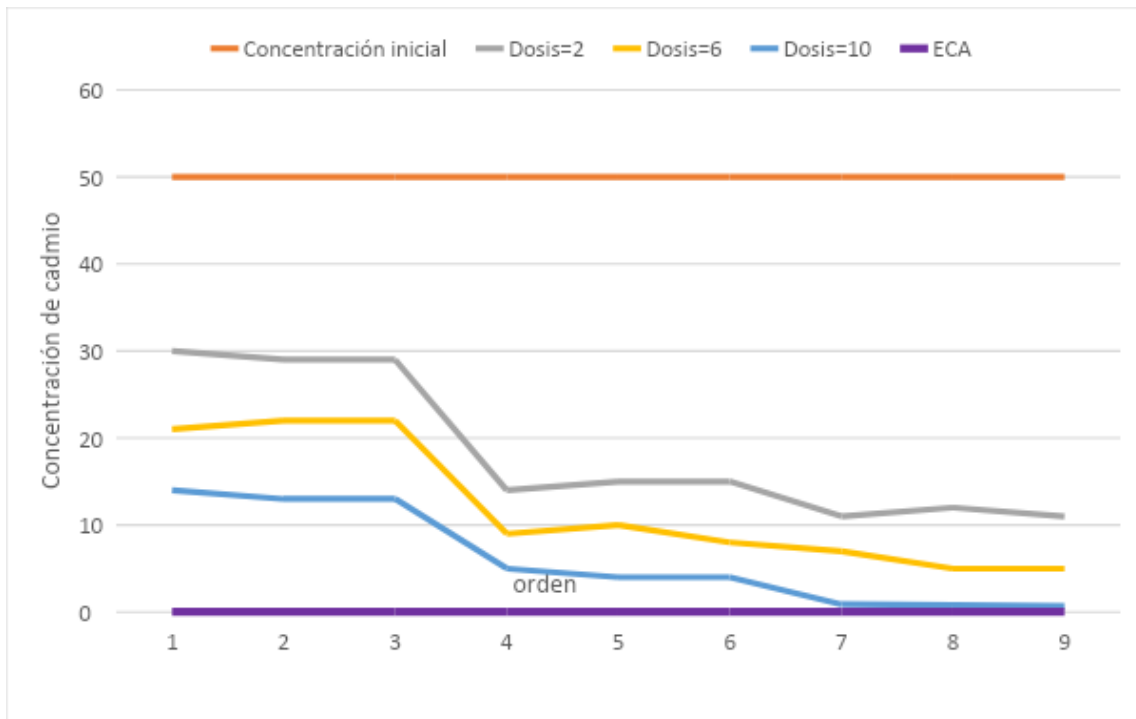
OE1: Determinar los valores iniciales de los metales contenidos en el agua sintética a nivel laboratorio.

Figura 5. Comparación de concentración inicial de Cd, valor ECA y valores finales según dosis



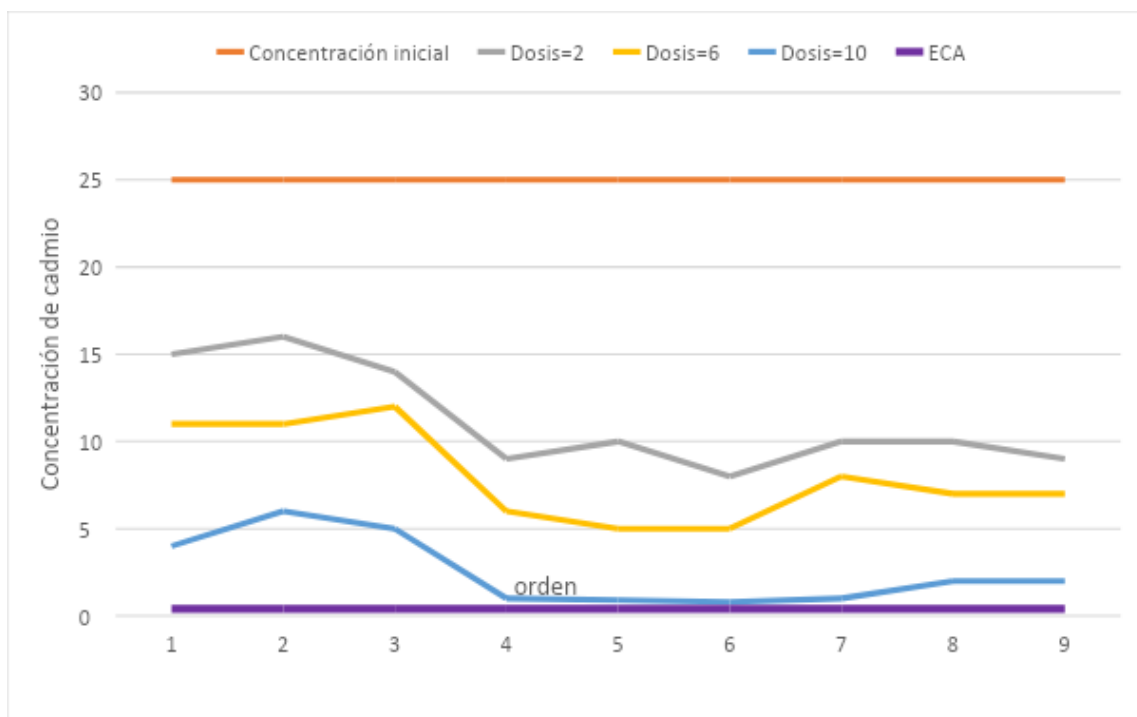
Interpretación. - Al comparar los valores iniciales de Cd, se observa una notable disminución con las diferentes dosis, sin embargo, estas aún son superiores al ECA correspondiente.

Figura 6. Comparación de concentración inicial de Pb, valor ECA y valores finales según dosis



Interpretación. - Al comparar los valores iniciales de Cd, se observa una notable disminución con las diferentes dosis, sin embargo, estas aún son superiores al ECA correspondiente.

Figura 7. Comparación de concentración inicial de manganeso, valor ECA y valores finales según dosis



Interpretación. - Al comparar los valores iniciales de manganeso, se observa una notable disminución con las diferentes dosis, sin embargo, estas aún son superiores al ECA correspondiente.

OE2: Determinar la dosis optima de biocarbón funcional que permite mejor adsorción de metales en aguas de consumo humano

Tabla 14. Comparación del efecto de la dosis y tiempo sobre la remoción de manganeso

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tiempo	2301,03	2	1150,51	105,908	,000
Dosis	5571,78	2	2785,89	256,450	,000
Error	238,99	22	10,86		
Total	811,80	26			
a. R al cuadrado = ,979 (R al cuadrado ajustada = ,975)					

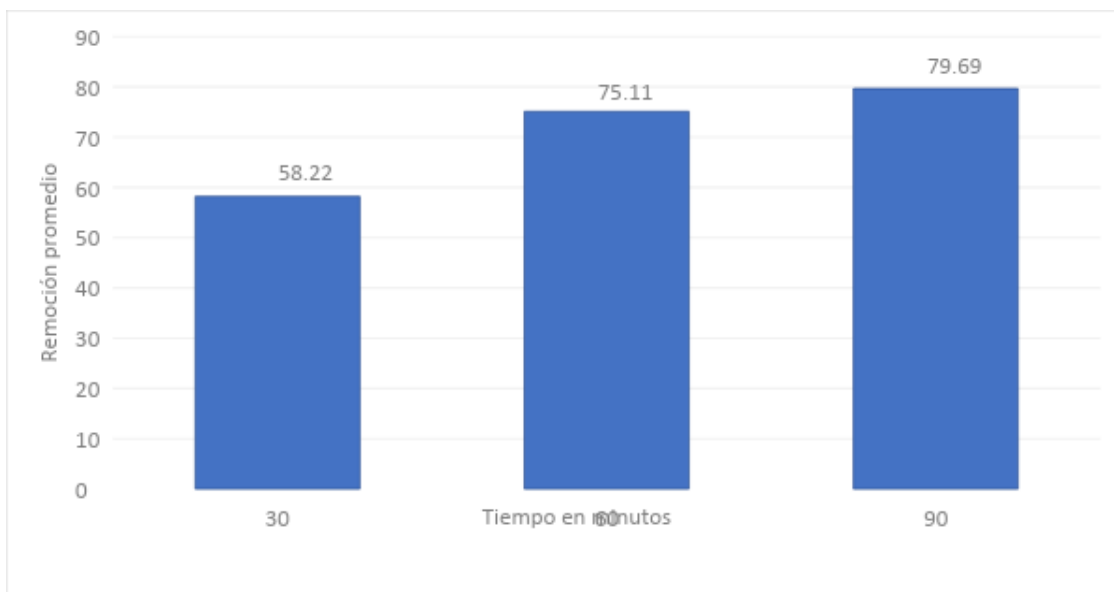
Interpretación: Para evaluar la remoción de manganeso según dosis y tiempo se consideró la prueba ANOVA, encontrando que existe un efecto significativo del tiempo (Sig=0.000 menor que 0.05), así también, se determinó un efecto significativo de la dosis (Sig=0.000 menor que 0.05) sobre la remoción de manganeso.

Tabla 15. Prueba de Tukey para comparar el efecto del tiempo sobre la remoción de manganeso

Tiempo	N	Subconjunto		
		1	2	3
30	9	58,22		
60	9		75,11	
90	9			79,69

Interpretación: Sobre la base de la prueba de Tukey se determinó que la remoción de manganeso a los 90 minutos resultó ser significativamente superior al promedio observado a los 30 y 60 minutos.

Figura 8. Valor medio de remoción de manganeso según tiempos de 30, 60 y 120 minutos



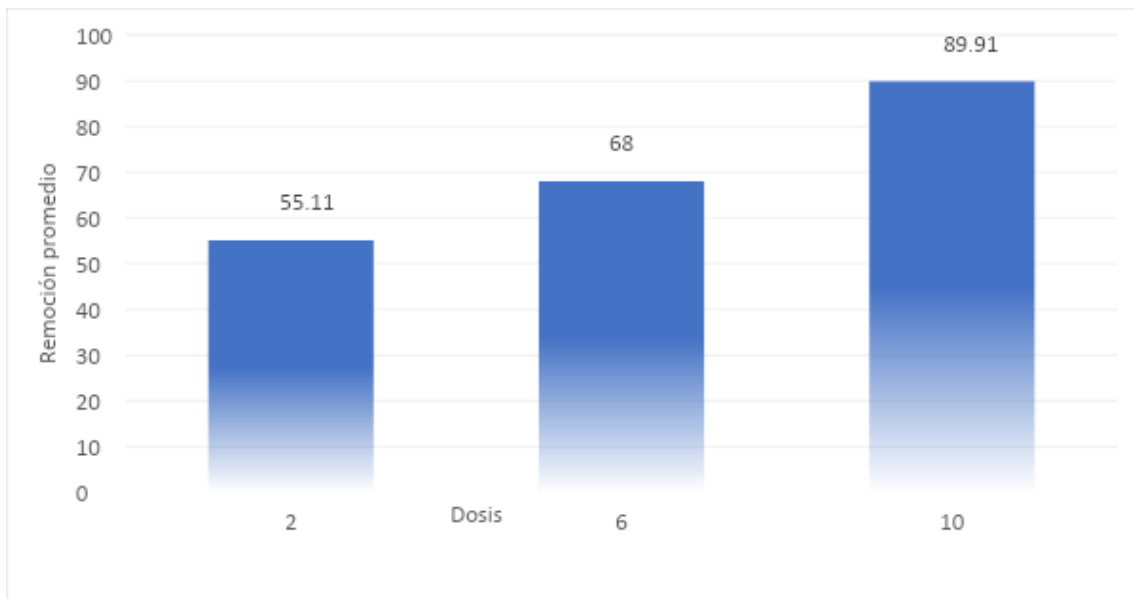
Interpretación: La mayor remoción de manganeso se da con forme incrementa el tiempo, siendo una remoción del 79.69% a un tiempo de 90 minutos.

Tabla 16. Prueba de Tukey para comparar el efecto de la dosis sobre la remoción de manganeso

Dosis	N	Subconjunto		
		1	2	3
2	9	55,11		
6	9		68,00	
10	9			89,91

Interpretación: Sobre la base de la prueba de Tukey se determinó que la remoción de manganeso con una dosis de 10 g resultó ser significativamente superior al promedio observado con una dosis de 2 y 6 g.

Figura 9. Valor medio de remoción de manganeso según dosis



Interpretación: La remoción de manganeso se da con forme incrementa la dosis, presentando el mayor porcentaje de 89.91% con la aplicación de una dosis de 10 g.

Tabla 17. Comparación del efecto de la dosis y tiempo sobre la remoción de Cd

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tiempo	2607,04	2	1303,52	313,316	,000
Dosis	3037,10	2	1518,55	365,000	,000
Error	91,53	22	4,16		
Total	5735,67	26			

a. R al cuadrado = ,984 (R al cuadrado ajustada = ,981)

Interpretación: Para evaluar la remoción de Cd según dosis y tiempo se consideró la prueba ANOVA, encontrando que existe un efecto significativo del tiempo (Sig=0.000 menor que 0.05), así también, se determinó un efecto significativo de la dosis (Sig=0.000 menor que 0.05) sobre la remoción de Pb.

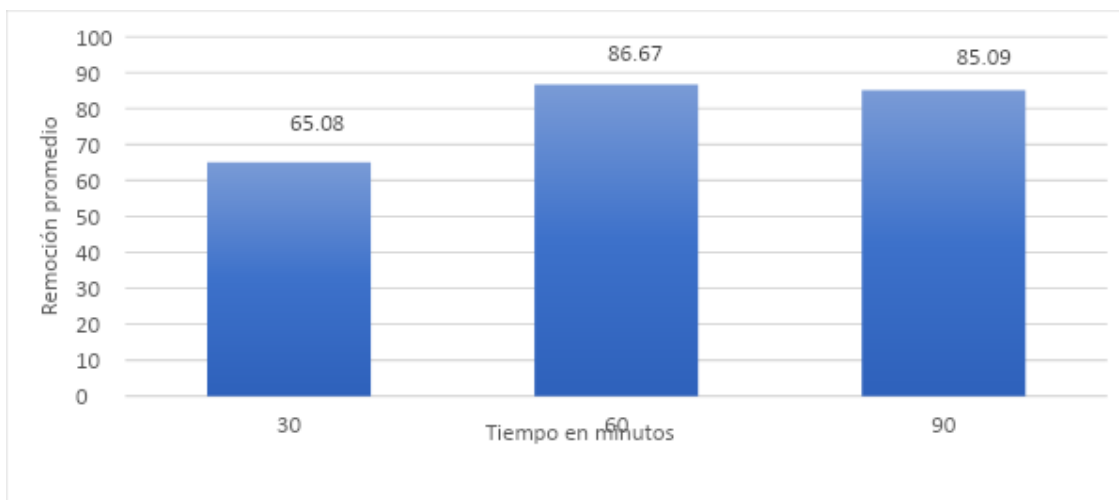
Tabla 18. Prueba de Tukey para comparar el efecto del tiempo sobre la remoción de Cd

Tiempo	N	Subconjunto	
		1	2
30	9	65,08	

90	9		85,09
60	9		86,67

Interpretación: Sobre la base de la prueba de Tukey se determinó que la remoción de Cd a los 60 y 90 minutos resultó ser significativamente iguales, estos significativamente superiores al promedio observado a los 30 minutos.

Figura 10. Valor medio de remoción de Cd según tiempos de 30, 60 y 120 minutos



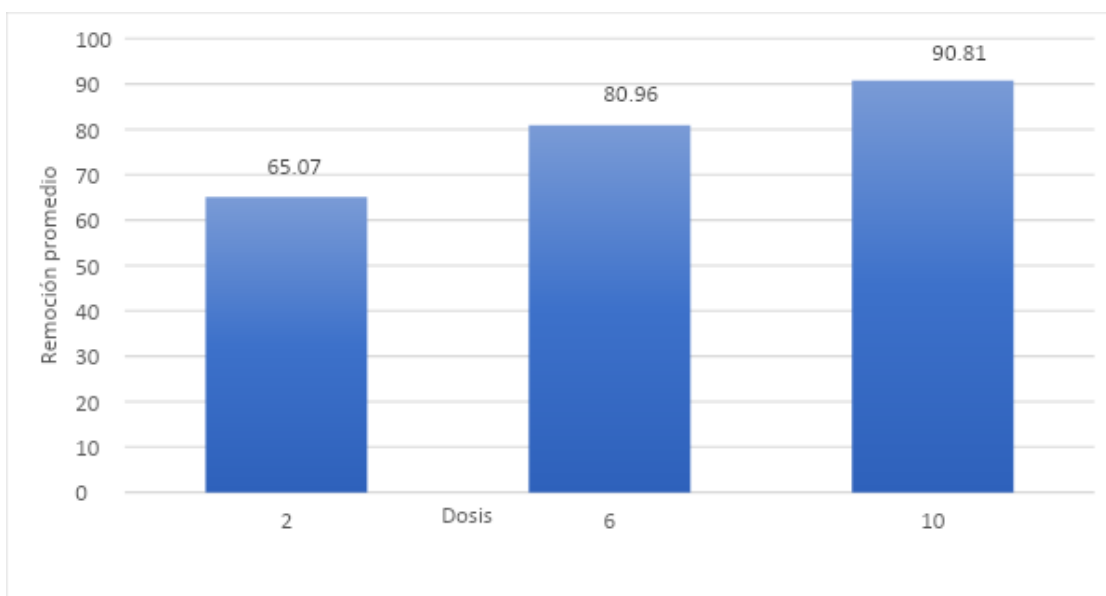
Interpretación: La mayor remoción de cadmio se da en un tiempo medio de 60 minutos, con un porcentaje de 86.67%.

Tabla 19. Prueba de Tukey para comparar el efecto de la dosis sobre la remoción de Cd

Dosis	N	Subconjunto		
		1	2	3
2	9	65,07		
6	9		80,96	
10	9			90,81

Interpretación: Sobre la base de la prueba de Tukey se determinó que la remoción de Cd con una dosis de 10 g resultó ser significativamente superior al promedio observado con una dosis de 2 y 6 g.

Figura 11. Valor medio de remoción de Cd según dosis



Interpretación: La mayor remoción de cadmio se da a una mayor aplicación de dosis, presentando un 90.81% de remoción con una dosis de 10g.

Tabla 20. Comparación del efecto de la dosis y tiempo sobre la remoción de Pb

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tiempo	4786,00	2	2393,00	324,714	,000
Dosis	2719,16	2	1359,58	184,486	,000
Error	162,13	22	7,37		
Total	7667,29	26			

a. R al cuadrado = ,979 (R al cuadrado ajustada = ,975)

Interpretación: Para evaluar la remoción de Pb según dosis y tiempo se consideró la prueba ANOVA, encontrando que existe un efecto significativo del tiempo (Sig=0.000 menor que 0.05), así también, se determinó un efecto significativo de la dosis (Sig=0.000 menor que 0.05) sobre la remoción de Pb.

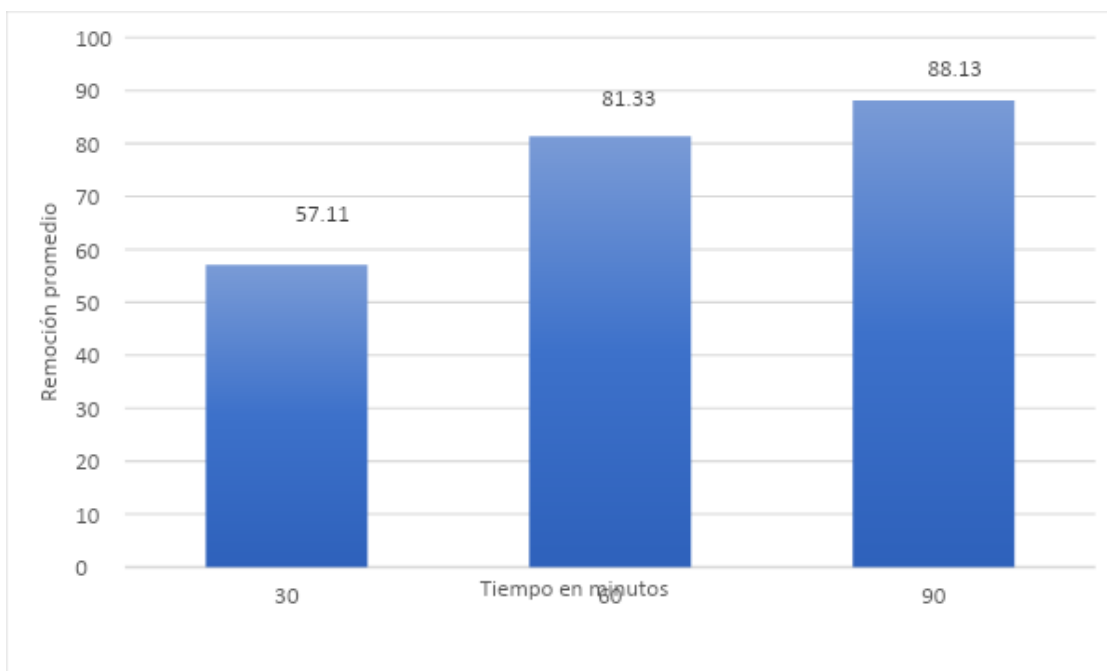
Tabla 21. Prueba de Tukey para comparar el efecto del tiempo sobre la remoción de Pb

Tiempo	N	Subconjunto		
		1	2	3
30	9	57,11		

60	9		81,33	
90	9			88,13

Interpretación: Sobre la base de la prueba de Tukey se determinó que la remoción de Pb a los 90 minutos resultó ser significativamente superior al promedio observado a los 30 y 60 minutos.

Figura 12. Valor medio de remoción de Pb según tiempos de 30, 60 y 120 minutos



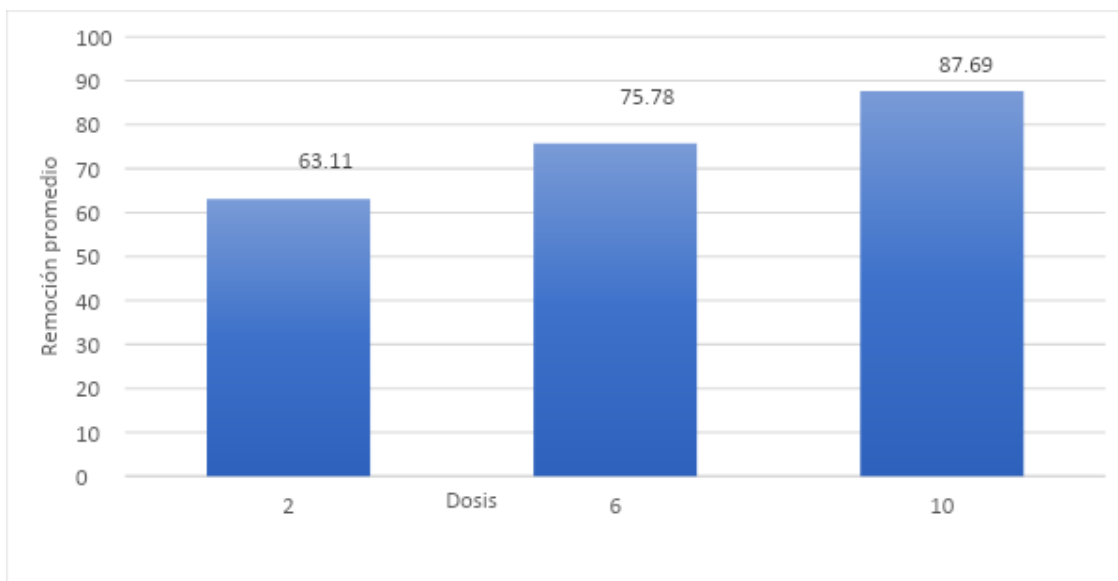
Interpretación: La mayor remoción de plomo se da con un mayor tiempo, encontrando que en 90 minutos el porcentaje fue de 88.13%, mientras que a 30 minutos la remoción disminuye a 57.11%.

Tabla 22. Prueba de Tukey para comparar el efecto de la dosis sobre la remoción de Pb

Dosis	N	Subconjunto		
		1	2	3
2	9	63,11		
6	9		75,78	
10	9			87,69

Interpretación: Sobre la base de la prueba de Tukey se determinó que la remoción de Pb con una dosis de 10 g resultó ser significativamente superior al promedio observado con una dosis de 2 y 6 g.

Figura 13. Valor medio de remoción de Pb según dosis



Interpretación: La mayor remoción de plomo se da con una mayor aplicación de dosis, presentando un 87.69% a una dosis de 10g.

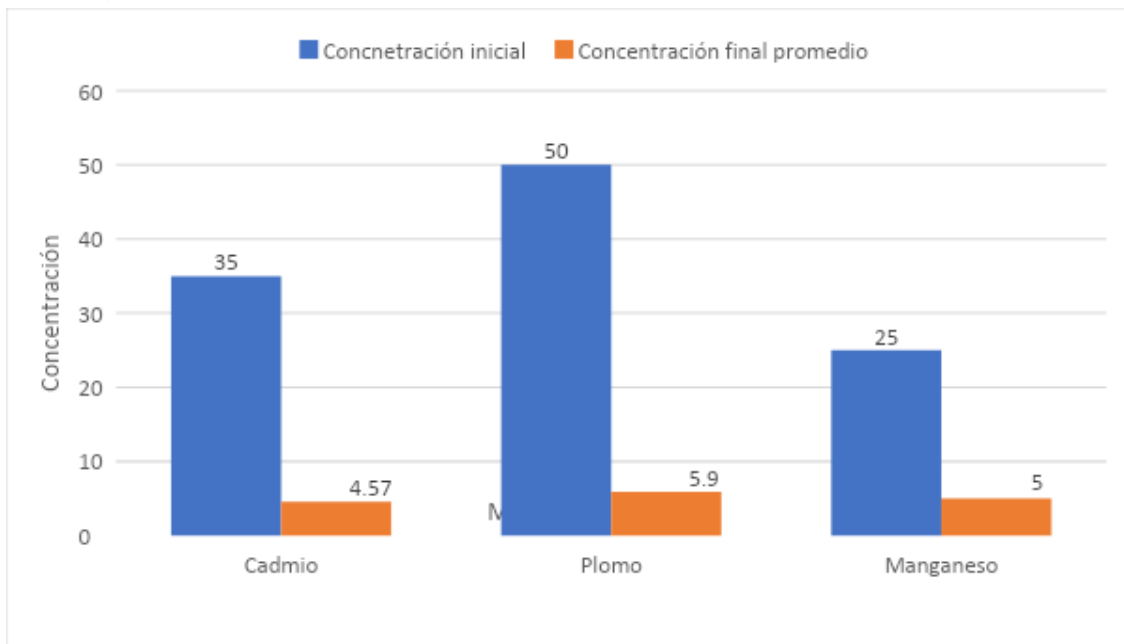
OE3: Determinar los valores finales de los metales contenidos en el agua sintética a nivel laboratorio.

Tabla 23. Prueba de T para comparar concentración inicial y final promedio

	Concentración inicial	Concentración final promedio	Estadístico T	Sig
Cadmio	35	4.57	-12.61	0.006
Plomo	50	5.9	-14.83	0.005
Manganeso	25	5	-8.66	0.013

Interpretación: Sobre la base de la prueba T se determinó que la concentración promedio al final del experimento resultó ser significativamente menor al valor inicial, todos los valores de Sig resultaron menores que 0.05.

Figura 14. Comparación entre la concentración inicial y final promedio



Interpretación: Entre los 3 tipos de metales pesados, se observa que el ion cadmio es el metal que presentó una concentración final más baja en comparación del plomo y manganeso, presentando una concentración final de 4.57mg/l; pero el plomo obtuvo una mayor remoción, al presentar una concentración inicial de 50 mg/l y una concentración final de 5.90; e comparación del cadmio y manganeso, los cuales tuvieron concentraciones iniciales más bajas.

V. DISCUSIÓN

Respecto al primer objetivo específico de Determinar los valores iniciales de los metales contenidos en el agua sintética a nivel laboratorio, los resultados mostraron que el manganeso, cadmio y plomo presentaron concentraciones que superan los Estándares de Calidad de Ambiental del D.S. N° 004-2017-MINAM, Categoría 1: Poblacional y Recreacional, Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable. A2, Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional. Con valores iniciales de 25 mg/l, 35 mg/l y 50 mg/l para manganeso, cadmio y plomo respectivamente.

Respecto al segundo objetivo específico de determinar la dosis óptima de biocarbón funcional que permite mejor adsorción de metales en aguas de consumo humano, los resultados mostraron que para los tres metales (manganeso, cadmio y plomo) la dosis óptima fue de 10 gramos, siendo que a mayor dosis el porcentaje de remoción incrementa. Así mismo, Achaiah et al., (2023, p.1), demostró que a mayores concentraciones incrementa la eficiencia de remoción, llegándose a lograr hasta 200,00 y 125,00 mg/g de adsorción para Cr(VI) y Cu(II).

Siendo descrito que para el manganeso se muestra mejor eficiencia de remoción del metal con una dosis de biocarbón funcionalizado a 10 gramos obteniendo una remoción promedio de 96.4 % del contaminante en un tiempo de 60 minutos, al transcurrir más tiempo la remoción fue constante y la mejor adsorción promedio obtenida fue de 24 mg/L.

Para el cadmio, una mejor eficiencia de remoción se da con una dosis de 10 gramos, obteniendo una remoción promedio de 98.1 % del contaminante en un tiempo de 60 minutos, al transcurrir más tiempo la remoción fue constante. Cabe agregar que la mejor adsorción promedio obtenida fue de 34 mg/L.

Ello es respaldado por lo obtenido en el estudio de Karimi et al., (2022, p.1), donde los resultados mostraron que la funcionalización EDTA (ácido etilendiaminotetraacético), mejoró su capacidad de adsorción hacia los iones Cu, Cd y Zn en 9,1, 5,6 y 14,3 veces, respectivamente.

Pero por su parte, Choi et al., (2020, p.1), en su trabajo demostró que los iones Cu(II), Cd(II) y Pb(II) presentaron capacidades de adsorción máximas de 49,0, 45,9 y 22,0 mg g⁻¹, respectivamente, teniendo como parámetro primordial el tiempo independientemente de la dosis.

Para el plomo, una mejor eficiencia de remoción se da con una dosis de 10 gramos, obteniendo una remoción promedio de 98.4 % del contaminante en un tiempo de 90 minutos, es decir una adsorción promedio de 49 mg/L.

Ello es también apoyado por lo obtenido en el trabajo de Chen et al., (2021, p.1), donde se revelaron que el CS-Ninhydrin tenía una mayor capacidad de adsorción (196 mg/g), un tiempo de equilibrio corto de 120 minutos, y una buena tasa de eliminación de iones Pb(II) en un amplio rango de pH de 3 a 7 y que el CS-Ninhydrin demostró una alta selectividad de adsorción hacia los iones Pb(II) en el experimento con aguas residuales.

Así también, apoyando lo mencionado se encuentra Huang et al., (2022, p.1), quien en sus resultados observó que el material nanopartícula de sílice magnética recubierta de quitosano modificado con DTPA (FFO@Sil@Chi-DTPA) mostró una excelente selectividad para capturar Pb(II), además, con una mayor dosis y a un pH 6,0, la adsorción selectiva de Pb(II)S por FFO@Sil@Chi-DTPA se incrementó de 111,71 a 268,01 mg g⁻¹.

En respuesta al objetivo 3 los resultados determinan que los valores finales de los metales contenidos en el agua sintética a nivel laboratorio, tuvieron gran reducción, sin embargo, no lograron estar por debajo del ECA permitido. Cabe agregar que el tratamiento 3 en el cual se consideró una dosis del biocarbón funcionalizado de 10 gramos tuvo mejor efecto y el tiempo más óptimo para los metales manganeso y cadmio fue de 60 minutos, siendo el tiempo óptimo ya que a mayor tiempo (90 minutos), la reacción fue constante, no obstante, en el metal plomo a mayor tiempo se observó mayor reducción del contaminante.

Finalmente, es necesario mencionar que los tratamientos obtuvieron considerables porcentajes de remoción llegando hasta un máximo de 98%.

Así, en los resultados estadísticos (figura 14), entre la comparación entre la concentración inicial y final promedio, se observa que el ion cadmio es el metal que presentó una concentración final más baja en comparación del plomo y manganeso, presentando una concentración final de 4.57mg/l; pero el plomo obtuvo una mayor remoción, al presentar una concentración inicial de 50 mg/l y una concentración final de 5.90; e comparación del cadmio y manganeso, los cuales tuvieron concentraciones iniciales más bajas.

Respaldando lo mencionado, en el estudio de Karimi et al., (2022, p.1), se demostró que el cadmio fue el metal con mayor remoción, donde el de mayor capacidad de adsorción fue $Cd(II) > Cu(II) > Zn(II)$, y la máxima eficiencia de adsorción se alcanzó a pH 5,3, con porcentajes de eliminación de iones Cu, Cd y Zn del 99,98%, 93,69% y 83,81%, respectivamente.

Pero ello es refutado por Wang et al., (2022, p.1), quien afirma con sus resultados la eficacia del adsorbente funcionalizado a base de quitosano (CS-PAR) para extraer un metal pesado, de las aguas residuales, y su enorme valor práctico; siendo ello debido a los grupos funcionales obtenidos mediante el proceso de funcionalización.

Así también, en el resultado, de Jiao et al., (2022, p.2), el hidrogel SL-g-PAA fabricado, que tiene un alto contenido en lignina, demostró una eliminación extremadamente eficaz y rápida de diferentes iones metálicos de las aguas residuales simuladas y para este autor ello es logrado gracias a su combinación de una técnica de producción sencilla, materias primas renovables y una estrategia inventiva para su aplicación secuencial en adsorción y el uso adecuado del material para la funcionalización.

VI. CONCLUSIONES

Se puede concluir que el biocarbón funcionalizado con ñuña (*Phaseolus vulgaris* L.) y ácido sulfúrico incrementa eficientemente la adsorción de metales en agua de consumo humano, teniendo en cuenta los parámetros ideales; ante ello se detalla a continuación las siguientes conclusiones específicas:

1) Los valores iniciales de los metales contenidos en el agua sintética a nivel laboratorio mostraron que el manganeso, cadmio y plomo presentaron concentraciones que superan los Estándares de Calidad de Ambiental del D.S. N° 004-2017-MINAM, Categoría 1: Poblacional y Recreacional, Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable. A2, Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional.

2) La dosis óptima de biocarbón funcional que permite mejor adsorción de metales en aguas de consumo humano, para los tres metales (manganeso, cadmio y plomo) fue de 10 gramos. Siendo las mayores remociones con dicha dosis de 96.4% para manganeso, 98.1% para cadmio y 98.4% para plomo.

3) Los valores finales de los metales contenidos en el agua sintética a nivel laboratorio tuvieron gran reducción, pero a pesar de ello no lograron estar por debajo del ECA permitido. Además, el tratamiento en el cual se consideró una dosis del biocarbón funcionalizado de 10 gramos tuvo mejor efecto y el tiempo más óptimo para los metales manganeso y cadmio fue de 60 minutos, siendo el tiempo óptimo ya que a mayor tiempo (90 minutos), la reacción fue constante, no obstante, en el metal plomo a mayor tiempo se observó mayor reducción del contaminante.

VII. RECOMENDACIONES

- 1) Ante los resultados obtenidos se puede recomendar fomentar el uso generalizado del biocarbón funcional en la adsorción de metales pesados; así mismo, para ello se realiza las siguientes recomendaciones:
- 2) Para incrementar la remoción y lograr conseguir los valores ideales por debajo de los ECAs se sugiere realizar tratamientos empleando como parámetro de estudio el tiempo, el pH; ya que estudios mencionan que con los valores adecuadas (tiempo de 24 horas y pH ácido), se puede conseguir eliminar eficientemente los metales del agua.
- 3) Además, se recomienda jugar con las modificaciones físicas y químicas del material adsorbente, ya que este influye en el aumento de su potencial de adsorción de metales del agua.
- 4) Así mismo de acuerdo a los enfoques tratados, se recomienda investigar nuevos adsorbentes que puedan mejorar la eliminación selectiva de metales pesados de aguas residuales complicadas.

Bibliografía:

1. ACHAI AH, I. Risha, et al. Efficient removal of metal ions from aqueous solutions using MoS₂ functionalized chitosan Schiff base incorporated with Fe₃O₄ nanoparticle. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2023, vol. 248, p. 125976. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.125976>
2. AHMED, Engy, et al. Remediation and recycling of chromium from tannery wastewater using combined chemical–biological treatment system. *Process Safety and Environmental Protection*, 2016, vol. 104, p. 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2016.08.004>
3. AL-SAYDEH, Sajeda A.; EL-NAAS, Muftah H.; ZAIDI, Syed J. Copper removal from industrial wastewater: A comprehensive review. *Journal of industrial and engineering chemistry*, 2017, vol. 56, p. 35-44. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2017.07.026>
4. BABY, Rabia, et al. Preparation of Functionalized Palm Kernel Shell Bio-adsorbent for the treatment of heavy metal-contaminated water. *Journal of Hazardous Materials Advances*, 2023, vol. 10, p. 100253. <https://doi.org/10.1016/j.hazadv.2023.100253>
5. BABY SHAIKH, Rabia; SAIFULLAH, Bullo; REHMAN, Fawad Ur. Greener method for the removal of toxic metal ions from the wastewater by application of agricultural waste as an adsorbent. *Water*, 2018, vol. 10, no 10, p. 1316. <https://doi.org/10.3390/w10101316>
6. BALI, M.; TLILI, H. Removal of heavy metals from wastewater using infiltration-percolation process and adsorption on activated carbon. *International journal of environmental science and technology*, 2019, vol. 16, no 1, p. 249-258. <https://doi.org/10.1007/s13762-018-1663-5>
7. BASU, Mousumi; GUHA, Arun K.; RAY, Lalitagauri. Adsorption of lead on cucumber peel. *Journal of Cleaner Production*, 2017, vol. 151, p. 603-615. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.028>
8. BITAS, Dimitrios; SAMANIDOU, Victoria. Carbon nanotubes as sorbent materials for the extraction of pharmaceutical products followed by chromatographic analysis. En *Fullerens, Graphenes and Nanotubes*. William Andrew Publishing, 2018. p. 135-168. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813691-1.00005-1>

9. BOLISETTY, Sreenath; PEYDAYESH, Mohammad; MEZZENGA, Raffaele. Sustainable technologies for water purification from heavy metals: review and analysis. *Chemical Society Reviews*, 2019, vol. 48, no 2, p. 463-487. <https://doi.org/10.1039/C8CS00493E>
10. CHEN, Yingbi, et al. Ninhydrin-functionalized chitosan for selective removal of Pb (II) ions: Characterization and adsorption performance. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2021, vol. 177, p. 29-39. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.02.110>
11. CHOI, Hyeong Yeol, et al. Thiol-functionalized cellulose nanofiber membranes for the effective adsorption of heavy metal ions in water. *Carbohydrate Polymers*, 2020, vol. 234, p. 115881. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.115881>
12. Chowdhury D.F. 5.45 - Carbon Nanotube for Drug Delivery and Controlled Release. *Comprehensive Biotechnology (Third Edition)*. Volume 5, 2019, Pages 615-627. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64046-8.00312-8>
13. CUSTODIO, María; PEÑALOZA, Richard. Data on the spatial and temporal variability of physical-chemical water quality indicators of the Cunas River, Peru. *Chemical Data Collections*, 2021, vol. 33, p. 100672. <https://doi.org/10.1016/j.cdc.2021.100672>
14. DENG, Qidu, et al. Chemically modified self-doped biocarbón via novel sulfonation assisted sacrificial template method for high performance flexible all solid-state supercapacitor. *Journal of colloid and interface science*, 2020, vol. 574, p. 33-42. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2020.04.029>
15. DENIZ, Fatih; KARABULUT, Abdulkerim. Biosorption of heavy metal ions by chemically modified biomass of coastal seaweed community: Studies on phycoremediation system modeling and design. *Ecological Engineering*, 2017, vol. 106, p. 101-108. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.05.024>
16. DESHPANDE, Kanchanmala. Adsorptive removal of metal ions from water using functionalized biomaterials. *Recent Patents on Biotechnology*, 2017, vol. 11, no 3, p. 155-170. <https://doi.org/10.2174/1872208311666170116145843>
17. DINKA, Megersa Olumana. Safe drinking water: concepts, benefits, principles and standards. *Water challenges of an urbanizing world*, 2018, vol. 163. https://books.google.com.pe/books?id=4WaQDwAAQBAJ&lpg=PA163&ots=69Eb-Qp_Kj&lr&hl=es&pg=PA163#v=onepage&q&f=false

18. DOS SANTOS, Stéphanie, et al. Urban growth and water access in sub-Saharan Africa: Progress, challenges, and emerging research directions. *Science of the Total Environment*, 2017, vol. 607, p. 497-508.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.06.157>
19. EBERHARD, Rolfe. Access to water and sanitation in sub-Saharan Africa. *Review Sector Report, Investments, Key Findings to Infrastructure Future Support to Sector Development*. GIZ, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e00931>
20. GUO, Haixin, et al. Design of functional biocarbóns for selective adsorption of 5-hydroxymethylfurfural from aqueous solutions. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 2022, vol. 637, p. 128187.
<https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2021.128187>
21. HARISCHANDRA, Dilshan S., et al. Manganese-induced neurotoxicity: new insights into the triad of protein misfolding, mitochondrial impairment, and neuroinflammation. *Frontiers in Neuroscience*, 2019, vol. 13, p. 654.
<https://doi.org/10.3389/fnins.2019.00654>
22. INOUE, Yuto, et al. Amino-functional biocarbón with CO₂-responsive property for removing copper (II) ions from aqueous solutions. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 2021, vol. 616, p. 126304.
<https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2021.126304>
23. ISSANOVA, Gulnura, et al. Water availability and state of water resources within water-economic basins in Kazakhstan. *Paddy and water environment*, 2018, vol. 16, p. 183-191. <https://doi.org/10.1007/s10333-018-0630-6>
24. ISMAIL, Intan S., et al. Oxygen functionalized porous activated biocarbóns with high surface area derived from grape marc for enhanced capture of CO₂ at elevated-pressure. *Carbon*, 2020, vol. 160, p. 113-124.
<https://doi.org/10.1016/j.carbon.2020.01.008>
25. JACOB, Jaya Mary, et al. Biological approaches to tackle heavy metal pollution: a survey of literature. *Journal of environmental management*, 2018, vol. 217, p. 56-70. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.03.077>
26. JIAO, Gao-Jie, et al. Removed heavy metal ions from wastewater reuse for chemiluminescence: Successive application of lignin-based composite hydrogels. *Journal of Hazardous Materials*, 2022, vol. 421, p. 126722.
<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126722>

27. KARIMI, Fatemeh, et al. Removal of metal ions using a new magnetic chitosan nano-bio-adsorbent; A powerful approach in water treatment. *Environmental Research*, 2022, vol. 203, p. 111753. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111753>
28. KAŻMIERCZAK, Bernadetta; MOLENDĄ, Jarosław; SWAT, Marek. The adsorption of chromium (III) ions from water solutions on biocarbons obtained from plant waste. *Environmental Technology & Innovation*, 2021, vol. 23, p. 101737. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.101737>
29. MITRA, Saikat, et al. Impact of heavy metals on the environment and human health: Novel therapeutic insights to counter the toxicity. *Journal of King Saud University-Science*, 2022, vol. 34, no 3, p. 101865. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2022.101865>
30. MOLENDĄ, Jarosław. The influence of the protective pyrolysis atmosphere of vegetable waste on biocarbon construction. *Journal of Machine Construction and Maintenance-Problemy Eksploatacji*, 2018. ISSN 1232-9312
31. MOROSANU, Irina, et al. Biosorption of lead ions from aqueous effluents by rapeseed biomass. *New biotechnology*, 2017, vol. 39, p. 110-124. <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2016.08.002>
32. Richard C. Selley, Stephen A. Sonnenberg. 5 - Generation and Migration of Petroleum. *Elements of Petroleum Geology (Fourth Edition)*. 2023, Pages 207-273. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822316-1.00005-7>
33. SIMEONIDIS, Konstantinos, et al. Biomass-derived nanocomposites: A critical evaluation of their performance toward the capture of inorganic pollutants. In *Nano-Biosorbents for Decontamination of Water, Air, and Soil Pollution*. Elsevier, 2022. p. 569-603. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90912-9.00025-3>
34. SMAGULOVA, Sholpan, et al. Prospects for digitalization of energy and agro-industrial complex of Kazakhstan. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 2022, vol. 12, no 2, p. 198-209. <https://doi.org/10.32479/ijeep.12859>
35. TIZA, Toryila Michael, et al. The potency of functionalized nanomaterials for industrial applications. *Materials Today: Proceedings*, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.03.212>
36. WANG, Fang, et al. Green synthesis of a novel functionalized chitosan adsorbent for Cu (II) adsorption from aqueous solution. *Environmental Science and Pollution*

- Research*, 2022, vol. 29, no 1, p. 989-998. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-15684-7>
37. WANG, Qichang, et al. Progress in carbon-based electrocatalyst derived from biomass for the hydrogen evolution reaction. *Fuel*, 2021, vol. 293, p. 120440. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2021.120440>
38. WANG, Shuai, et al. Chitosan functionalized with N, N-(2-aminoethyl) pyridinedicarboxamide for selective adsorption of gold ions from wastewater. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2022, vol. 194, p. 781-789. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.11.125>
39. WU, Yihan, et al. Environmental remediation of heavy metal ions by novel-nanomaterials: A review. *Environmental pollution*, 2019, vol. 246, p. 608-620. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.12.076>
40. YANG, Xiuzhen, et al. Removal of Mn (II) by sodium alginate/graphene oxide composite double-network hydrogel beads from aqueous solutions. *Scientific reports*, 2018, vol. 8, no 1, p. 10717. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-29133-y>
41. ZERBO, Alexandre; DELGADO, Rafael Castro; GONZÁLEZ, Pedro Arcos. Water sanitation and hygiene in Sub-Saharan Africa: Coverage, risks of diarrheal diseases, and urbanization. *Journal of Biosafety and Biosecurity*, 2021, vol. 3, no 1, p. 41-45. <https://doi.org/10.1016/j.jobb.2021.03.004>

Anexos

Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
Variable dependiente: adsorción de metales en agua de consumo humano	El proceso de adsorción, implica la unión de iones, moléculas o átomos a la superficie adsorbente, para limpiar las soluciones acuosas de los metales pesados (Al-Saydeh et al., 2017). Este proceso consiste en la transferencia de una sustancia de la fase líquida a una superficie sólida, lo que da lugar a interacciones químicas y/o físicas (Molenda, 2018).	Para el proceso de adsorción se utilizó la prueba de jarras, donde el agua sintética se preparó por separado con una relación de 50 mg de soluciones de manganeso, cadmio y plomo por cada litro de agua, a un pH 7 y las muestras fueron muestras con manganeso (MM), muestra con cadmio (MC) y muestra con plomo (MP) Y sub-muestras de MA1, MA2, MA3, MC1, MC2, MC3, MP1, MP2, MP3. Realizándose 3 tratamientos para cada metal con 3 repeticiones a dosis de 2, 6 y 10g en un tiempo de 60 minutos a 350 rpm.	Tratamientos	Dosis	g/L
				Tiempo	min
				ensayos	-

<p>Variable independiente: Biocarbón funcionalización con ñuña (<i>Phaseolus vulgaris L.</i> y ácido sulfúrico</p>	<p>El biocarbón funcionalización se produce a partir de biomasa renovable mediante carbonización hidrotermal o craqueo térmico o catalítico y eliminan los metales del agua mediante la adsorción (Inoue et al., 2021).</p>	<p>En el tratamiento de la funcionalización del biocarbón, en primer lugar se realiza el biocarbón a base de ñuña (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) a una temperatura de 700°C durante un tiempo de 1 hora; después de obtener el producto se realizó la funcionalización del biocarbón con el tratamiento de ácido sulfúrico a una temperatura de 90°C por un tiempo de 24 horas.</p>	<p>Efectividad</p>	<p>Concentración inicial</p>	<p>mg/ml</p>
				<p>Concentración final</p>	<p>mg/ml</p>
				<p>Remoción</p>	<p>%</p>

SOLICITUD: Validación de instrumento de recolección de datos.

EDUARDO RONALD ESPINOZA FARFAN

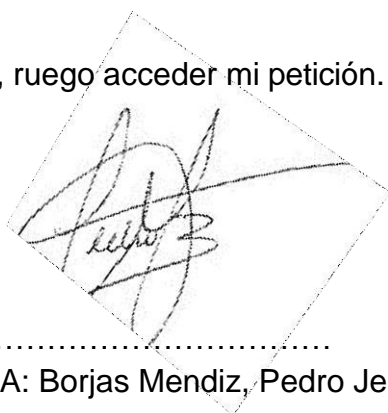
Nosotros, BORJAS MENDIZ, PEDRO JESUS con DNI N° 46665590; LUCERO VELASQUEZ, ESTEFANY YUREMA con DNI N° 47970596, alumnos de la Universidad Cesar Vallejo de Ingeniería Ambiental, asesorado por el ingeniero SERNAQUÉ AUCCAHUASI FERNANDO ANTONIO, nos dirigimos a usted con el debido respeto y manifestamos:

Que siendo requisito indispensable el recojo de datos necesarios para la tesis que venimos elaborando titulada: **“Biocarbón funcionalizado con ñuña (*Phaseolus vulgaris L.*) y ácido sulfúrico para la adsorción de metales en agua de consumo humano a nivel laboratorio, 2023”** solicito a Ud. Se sirva validar el instrumento que le adjunto bajo los criterios académicos correspondientes. Para este efecto adjunto los siguientes documentos:

- Ficha de evaluación
- Instrumento
- Matriz de operacionalización de variables

Por tanto:

A usted, ruego acceder mi petición.



.....
TESISTA: Borjas Mendiz, Pedro Jesús
Estefany Yurema
DNI N°: 46665590



.....
TESISTA: Lucero Velasquez,
DNI N°: 47970596

Lima, 23 de junio del 2023

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- I.1. Apellidos y Nombres:** EDUARDO RONALD ESPINOZA FARFAN
I.2. Cargo e institución donde labora: Docente / UCV Lima Este
I.3. Especialidad o línea de investigación: Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático
I.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Características fisicoquímicas
I.5. Autor (ES) del Instrumento: Estefany Yurema Lucero Velásquez, Pedro Jesus Borjas Mendiz,

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

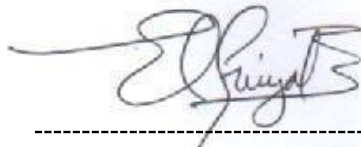
III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

85%



Lima, 13 de julio de 2023

EDUARDO RONALD ESPINOZA FARFAN
 CIP:92135

Ficha 1: Características fisicoquímicas

Título del proyecto	Biocarbón funcionalizado con ñuña (<i>Phaseolus vulgaris</i> L. y ácido sulfúrico para la adsorción de metales en agua de consumo humano a nivel laboratorio, 2023	
Responsables	Estefany Yurema Lucero Velásquez, Pedro Jesus Borjas Mendiz,	
Asesor	Dr. Fernando Antonio Sernaqué Auccahuasi	
Línea de investigación	Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático	
Lugar	Nivel laboratorio	
Fecha	06/010/2023	
Muestras	Agua acondicionada	Unidad de análisis
Manganeso		mg/L
Cadmio		mg/L
Plomo		mg/L

Ficha 2: Tratamiento para adsorción

Título del proyecto	Biocarbón funcionalizado con ñuña (<i>Phaseolus vulgaris</i> L. y ácido sulfúrico para la adsorción de metales en agua de consumo humano a nivel laboratorio, 2023				
Responsables	Estefany Yurema Lucero Velásquez, Pedro Jesus Borjas Mendiz,				
Asesor	Dr. Fernando Antonio Sernaqué Auccahuasi				
Línea de investigación	Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático				
Lugar	Nivel de laboratorio				
Fecha	06/10/2023				
Biosorbentes	ñuña (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)			Concentración inicial	Concentración final
Funcionalizado	ácido sulfúrico (H ₂ SO ₄)				
Tratamientos	3	3	3	Observaciones	
	Muestra con Manganeso	Muestra con Cadmio	Muestra con Plomo		
Dosis floculante (mg/l)	2/6/10	2/6/10	2/6/10		
Tiempo (minutos)	30/60/90	30/60/90	30/60/90		
Corrida Inicial					
Repetición 1					
Repetición 2					
Promedio					

SOLICITUD: Validación de instrumento de recolección de datos.

MG. RITA JAQUELINE CABELLO TORRES

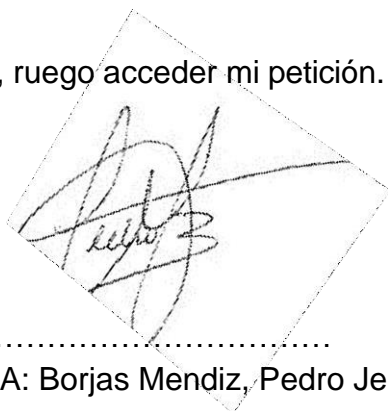
Nosotros, BORJAS MENDIZ, PEDRO JESUS con DNI N° 46665590; LUCERO VELASQUEZ, ESTEFANY YUREMA con DNI N° 47970596, alumnos de la Universidad Cesar Vallejo de Ingeniería Ambiental, asesorado por el ingeniero SERNAQUÉ AUCCAHUASI FERNANDO ANTONIO, nos dirigimos a usted con el debido respeto y manifestamos:

Que siendo requisito indispensable el recojo de datos necesarios para la tesis que venimos elaborando titulada: **“Biocarbón funcionalizado con ñuña (*Phaseolus vulgaris L.*) y ácido sulfúrico para la adsorción de metales en agua de consumo humano a nivel laboratorio, 2023”** solicito a Ud. Se sirva validar el instrumento que le adjunto bajo los criterios académicos correspondientes. Para este efecto adjunto los siguientes documentos:

- Ficha de evaluación
- Instrumento
- Matriz de operacionalización de variables

Por tanto:

A usted, ruego acceder mi petición.



.....
TESISTA: Borjas Mendiz, Pedro Jesús
Estefany Yurema
DNI N°: 46665590



.....
TESISTA: Lucero Velasquez,
DNI N°: 47970596

Lima, 23 de junio del 2023

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- I.1. Apellidos y Nombres:** MG. RITA JAQUELINE CABELLO TORRES
I.2. Cargo e institución donde labora: Docente / UCV Lima Este
I.3. Especialidad o línea de investigación: Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático
I.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Tratamiento para adsorción
I.5. Autor (ES) del Instrumento: Estefany Yurema Lucero Velásquez, Pedro Jesus Borjas Mendiz,

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

85%

Lima, 13 de julio de 2023



 MG. RITA JAQUELINE CABELLO TORRES
 CIP:145791

Ficha 1: Características fisicoquímicas

Título del proyecto	Biocarbón funcionalizado con ñuña (<i>Phaseolus vulgaris</i> L. y ácido sulfúrico para la adsorción de metales en agua de consumo humano a nivel laboratorio, 2023	
Responsables	Estefany Yurema Lucero Velásquez, Pedro Jesus Borjas Mendiz,	
Asesor	Dr. Fernando Antonio Sernaqué Auccahuasi	
Línea de investigación	Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático	
Lugar	Nivel laboratorio	
Fecha	06/010/2023	
Muestras	Agua acondicionada	Unidad de análisis
Manganeso		mg/L
Cadmio		mg/L
Plomo		mg/L

Ficha 2: Tratamiento para adsorción					
Título del proyecto	Biocarbón funcionalizado con ñuña (<i>Phaseolus vulgaris</i> L. y ácido sulfúrico para la adsorción de metales en agua de consumo humano a nivel laboratorio, 2023				
Responsables	Estefany Yurema Lucero Velásquez, Pedro Jesus Borjas Mendiz,				
Asesor	Dr. Fernando Antonio Sernaqué Auccahuasi				
Línea de investigación	Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático				
Lugar	Nivel de laboratorio				
Fecha	06/10/2023				
Biosorbentes	ñuña (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)			Concentración inicial	Concentración final
Funcionalizado	ácido sulfúrico (H ₂ SO ₄)				
Tratamientos	3	3	3	Observaciones	
	Muestra con Manganeso	Muestra con Cadmio	Muestra con Plomo		
Dosis floculante (mg/l)	2/6/10	2/6/10	2/6/10		
Tiempo (minutos)	30/60/90	30/60/90	30/60/90		
Corrida Inicial					
Repetición 1					
Repetición 2					
Promedio					

SOLICITUD: Validación de instrumento de recolección de datos.

MG. ALCIDES GARZON FLORES

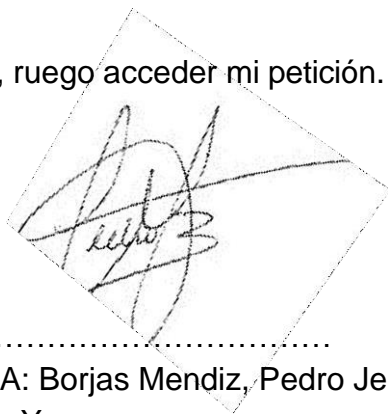
Nosotros, BORJAS MENDIZ, PEDRO JESUS con DNI N° 46665590; LUCERO VELASQUEZ, ESTEFANY YUREMA con DNI N° 47970596, alumnos de la Universidad Cesar Vallejo de Ingeniería Ambiental, asesorado por el ingeniero SERNAQUÉ AUCCAHUASI FERNANDO ANTONIO, nos dirigimos a usted con el debido respeto y manifestamos:

Que siendo requisito indispensable el recojo de datos necesarios para la tesis que venimos elaborando titulada: **“Biocarbón funcionalizado con ñuña (*Phaseolus vulgaris* L.) y ácido sulfúrico para la adsorción de metales en agua de consumo humano a nivel laboratorio, 2023”** solicito a Ud. Se sirva validar el instrumento que le adjunto bajo los criterios académicos correspondientes. Para este efecto adjunto los siguientes documentos:

- Ficha de evaluación
- Instrumento
- Matriz de operacionalización de variables

Por tanto:

A usted, ruego acceder mi petición.



.....
TESISTA: Borjas Mendiz, Pedro Jesús
Estefany Yurema
DNI N°: 46665590



.....
TESISTA: Lucero Velasquez,
DNI N°: 47970596

Lima, 23 de junio del 2023

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- I.1. Apellidos y Nombres:** MG. ALCIDES GARZON FLORES
I.2. Cargo e institución donde labora: Docente / UCV Lima Este
I.3. Especialidad o línea de investigación: Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático
I.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Tratamiento de remoción para cada biosorbente
I.5. Autor (ES) del Instrumento: Estefany Yurema Lucero Velásquez, Pedro Jesus Borjas Mendiz,

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

85%

Lima, 13 de julio de 2023



MG. ALCIDES GARZON FLORES
 CIP:212079

Ficha 1: Características fisicoquímicas

Título del proyecto	Biocarbón funcionalizado con ñuña (<i>Phaseolus vulgaris</i> L. y ácido sulfúrico para la adsorción de metales en agua de consumo humano a nivel laboratorio, 2023	
Responsables	Estefany Yurema Lucero Velásquez, Pedro Jesus Borjas Mendiz,	
Asesor	Dr. Fernando Antonio Sernaqué Auccahuasi	
Línea de investigación	Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático	
Lugar	Nivel laboratorio	
Fecha	06/010/2023	
Muestras	Agua acondicionada	Unidad de análisis
Manganeso		mg/L
Cadmio		mg/L
Plomo		mg/L

Ficha 2: Tratamiento para adsorción

Título del proyecto	Biocarbón funcionalizado con ñuña (<i>Phaseolus vulgaris L.</i> y ácido sulfúrico para la adsorción de metales en agua de consumo humano a nivel laboratorio, 2023				
Responsables	Estefany Yurema Lucero Velásquez				
Asesor	Dr. SERNAQUE AUCCAHUASI, FERNANDO ANTONIO				
Línea de investigación	Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático				
Lugar	Nivel de laboratorio				
Fecha	06/10/2023				
Biosorbentes	ñuña (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>)			Concentración inicial	Concentración final
Funcionalizado	ácido sulfúrico (H ₂ SO ₄)				
Tratamientos	3	3	3	Observaciones	
	Muestra con Manganeso	Muestra con Cadmio	Muestra con Plomo		
Dosis floculante (mg/l)	2/6/10	2/6/10	2/6/10		
Tiempo (minutos)	30/60/90	30/60/90	30/60/90		
Corrida Inicial					
Repetición 1					
Repetición 2					
Promedio					

Certificados de calibración de equipos de laboratorio

"INFORME TÉCNICO"		Código: P-51-01		
		Versión: 2		
		Fecha de Aprob: 3/20/23		
Nº Autogenerado	00200184-23	Nº de Proceso	Fecha de emisión	18-18/07/23
Nro. OT	0020000278	Nº de Item	Fecha de Intervención	18-18/07/23
DATOS DEL CLIENTE				
Razón social	UNIVERSIDAD CE SAR VALLEJO S.A.C.			
RUC	20184115632	Teléfono	Daniel Neolocup Gonzales	
Contacto	Daniel Neolocup Gonzales	Correo	dneolocup@uov.edu.pe	
DATOS DEL EQUIPO				
Descripción	E SPECTROFOTOMETRO	Identificación interna	D07-006647	
Marcas	PG-INSTRUMENT	Serie	25-0802-21-0024	
Modelo	AA500	Historial		
Familia	E SPECTROFOTOMETRO	Ubicación	LABORATORIO DE BIOTECNOLOGIA	
Estado	Con garantía <input type="checkbox"/>	Sin garantía <input type="checkbox"/>	Verificación Operacional <input type="checkbox"/>	
Tipo de Servicio	Revisión y diagnóstico <input type="checkbox"/>	Mantenimiento preventivo <input type="checkbox"/>	Mantenimiento correctivo <input checked="" type="checkbox"/>	Inspección /Pre-Instalación <input type="checkbox"/>
REPORTE DE FALLA DEL CLIENTE				
El equipo no cumple con las características técnicas <input checked="" type="checkbox"/>		El equipo muestra mensaje de error <input checked="" type="checkbox"/>		
El equipo presenta problemas de lectura <input type="checkbox"/>		El equipo no enciende <input type="checkbox"/>		
El equipo no presenta problemas de funcionamiento <input type="checkbox"/>		Otros <input checked="" type="checkbox"/>		
Detallar : MTTG. CORRECTIVO - CAMBIO DE REPUESTO				
TRABAJO REALIZADO		MEDICIONES		
Revisión de ambiente y condiciones de la instalación.	<input checked="" type="checkbox"/>	Voltage: 228VAC		
Verificación de presiones de gases.	<input checked="" type="checkbox"/>			
Revisión de UPS del homo de grafito.	<input checked="" type="checkbox"/>			
Reemplazo de la trampa de agua	<input checked="" type="checkbox"/>			
Encendido del equipo y pruebas de instalación	<input checked="" type="checkbox"/>			
Verificación de funcionamiento de las lamparas	<input checked="" type="checkbox"/>			
Pruebas de funcionamiento con estándares de Cu y Cd	<input checked="" type="checkbox"/>			
INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN				
Multímetro Samwa				
CONCLUSIONES				
El equipo se encuentra operativo y cumple con las características técnicas ofrecidas por el fabricante.	<input type="checkbox"/>	El equipo debe ser revisado en el taller de Kossodo S.A.C.	<input type="checkbox"/>	Mantenimiento correctivo <input checked="" type="checkbox"/>
El servicio ha concluido sin observaciones técnicas.	<input type="checkbox"/>	Mantenimiento preventivo	<input type="checkbox"/>	Cambio de accesorios <input type="checkbox"/>
El problema reportado por el cliente ha sido solucionado	<input type="checkbox"/>	Cambio de repuestos	<input checked="" type="checkbox"/>	Otros <input checked="" type="checkbox"/>
El equipo se encuentra inoperativo y no puede ser reparado	<input type="checkbox"/>	Mantenimiento Preventivo realizado por Garantía	<input type="checkbox"/>	
Detallar:				
Después del reemplazo de la trampa de agua, se pudo inicializar el equipo sin errores. En las pruebas efectuadas con estándares de Cu y Cd se determino una muy baja absorbancia				
En la revisión del nebulizador se verifico que no tiene baston de impacto y por ende la muy baja sensibilidad del equipo. Se debe cambiar el nebulizador, Oring y el tubo de aspiracion de muestra.				
No se pudo probar el Homo de Grafito debido a que su equipo de proteccion electrica se encuentra dañado. El UPS tiene una falla en su tarjeta electronica y debe ser reparado o sustituido.				
La presion del gas Acetileno esta en 75psi, por lo que debe ser reemplazado. Su limite de presion primaria para el cambio del balon es 70psi.				
La sustitucion de la trampa de agua fue muy complicada porque el meson donde se encuentra el equipo es fijo y es muy pequeño, no deja espacio para el mantenimiento y la manipulacion adecuada del mismo. Tener en cuenta que la trampa de agua se encuentra en la parte posterior del equipo y esta debe ser revisada periodicamente para mantener el nivel de agua. Se recomienda cambiar por una meson mas adecuado para facilitar las labores de mantenimiento y uso del equipo.				
Se enviara un informe detallado.				
RECOMENDACIONES				
Se recomienda realizar mantenimiento preventivo y verificación operacional cada 6 meses.				
CONFORMIDAD				
Nombre:	EDGAR BRUNO GARCIA	Nombre:	DNI:	
		Firma y sello:		

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LM - 205 - 2022***Área de Metrología
Laboratorio de Masas*

Página 1 de 4

1. Expediente	220298	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO S.A.C.	
3. Dirección	Av. Larco Nro. 1770 Urb. San Andres 5ta etapa, Víctor Larco Herrera - Trujillo - LA LIBERTAD	Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA	METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
Capacidad Máxima	210 g	
División de escala (d)	0,0001 g	
Div. de verificación (e)	0,0001 g	
Clase de exactitud	I	
Marca	ADAM	
Modelo	NBL 214i	
Número de Serie	AE9XC491 (*)	
Capacidad mínima	0,01 g	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Procedencia	NO INDICA	
Identificación	NO INDICA	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
5. Fecha de Calibración	2022-06-24	

Fecha de Emisión
2022-06-25

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

Firmado digitalmente por
Williams Pérez
Fecha: 2022.07.01 09:00:11
-05'00'

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LM - 205 - 2022**

*Área de Metrología
Laboratorio de Masas*

Página 2 de 4

6. Método de Calibración

La calibración se realizó mediante el método de comparación directa, según el PC-011: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y Clase II" del SNM-INDECOPI. Cuarta Edición.

7. Lugar de calibración

Las instalaciones de la empresa TÉCNICAS CP S.A.C.
Av. Santa Ana Mz H lote 2 Urb. San Diego, San Martín de Porres - Lima

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	20,4	20,3
Humedad Relativa (%HR)	70	70

9. Patrones de referencia

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
PESAS (Clase de exactitud E1) DM-INACAL: LM-075-2020	PESAS (Clase de Exactitud: E2)	LM-C-120-2022
PESAS (Clase de exactitud E1) DM-INACAL: LM-063-2018		

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.
(*) Serie indicado en una etiqueta adherido al equipo.

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LM - 205 - 2022

Página 3 de 4

11. Resultados de Medición

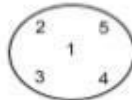
INSPECCIÓN VISUAL

AJUSTE DE CERO	TIENE	PLATAFORMA	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	SISTEMA DE TRABA	NO TIENE	CURSOR	NO TIENE
		NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

		Inicial	Final			
	Temperatura (°C)	20,4	20,4			
Medición N°	Carga L1 = 100,0000 g			Carga L2 = 200,0000 g		
	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)
1	100,0001	-	0,2	200,0017	-	1,7
2	100,0001	-	0,2	200,0018	-	1,8
3	100,0001	-	0,2	200,0018	-	1,8
4	100,0002	-	0,3	200,0018	-	1,8
5	100,0002	-	0,3	200,0020	-	2,0
6	100,0001	-	0,2	200,0018	-	1,8
7	100,0001	-	0,2	200,0020	-	2,0
8	100,0001	-	0,2	200,0017	-	1,7
9	100,0001	-	0,2	200,0017	-	1,7
10	100,0001	-	0,2	200,0017	-	1,7
	Diferencia Máxima		0,1	Diferencia Máxima		0,3
	Error Máximo Permissible		± 0,3	Error Máximo Permissible		± 0,3

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD



Posición de las cargas

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	20,4	20,4

Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero Eo				Determinación del Error Corregido Ec					
	Carga Mínima*	l (g)	ΔL (mg)	Eo (mg)	Carga L (g)	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	
1		0,0000	-	0,1		69,9990	-	-1,0	-1,0	
2		0,0000	-	0,1		69,9988	-	-1,2	-1,2	
3	0,0000 g	0,0000	-	0,1	70,0000	69,9990	-	-1,0	-1,0	
4		0,0000	-	0,1		69,9990	-	-1,0	-1,0	
5		0,0000	-	0,1		69,9988	-	-1,2	-1,2	
		Error máximo permisible							± 0,3	

* Valor entre 0 y 10e

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LM - 205 - 2022

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 4 de 4

ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	20,4	20,3

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				e.m.p ** (± mg)
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	
0,0010	0,0009	-	0,0						
0,0100	0,0098	-	-0,1	-0,1	0,0098	-	-0,1	-0,1	0,1
0,1000	0,0999	-	0,0	0,0	0,0999	-	0,0	0,0	0,1
1,0000	0,9998	-	-0,2	-0,1	0,9998	-	-0,2	-0,1	0,1
5,0000	4,9998	-	-0,2	-0,1	4,9998	-	-0,2	-0,1	0,2
10,0000	9,9998	-	-0,4	-0,3	9,9997	-	-0,3	-0,2	0,2
20,0000	19,9990	-	-1,0	-0,9	19,9991	-	-0,9	-0,8	0,3
50,0000	49,9990	-	-1,0	-0,9	49,9990	-	-1,0	-0,9	0,3
100,0000	99,9999	-	0,0	0,0	99,9998	-	-0,1	-0,1	0,3
120,0000	119,9998	-	-0,1	-0,1	119,9997	-	-0,2	-0,2	0,3
150,0000	149,9996	-	-0,3	-0,3	149,9996	-	-0,3	-0,3	0,3
180,0000	179,9990	-	-0,9	-0,9	179,9990	-	-0,9	-0,9	0,3
210,0000	209,9998	-	-0,2	-0,2	209,9998	-	-0,2	-0,2	0,3

** error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza. ΔL: Carga adicional. E₀: Error en cero.
I: Indicación de la balanza. E: Error encontrado. E_c: Error corregido.

Lectura corregida $R_{CORREGIDA} = R + 0,00000334161 R$

Incertidumbre expandida de medición $U = 2 \times \sqrt{0,000000016 \text{ g}^2 + 0,000000000092857 R^2}$

12. Incertidumbre

La incertidumbre U reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del documento

INFORME DE ENSAYO N° 013- 2023

LABORATORIO DE BIOTECNOLOGIA – UCV

ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO


Tipo de ensayos: Análisis físico - químico
 Tipo de muestra: Agua residual
 Descripción de la muestra: líquido sintético
 Muestra tomada por: Estudiante
 Lugar que se realizó el ensayo: Laboratorio de Biotecnología – UCV Lima Este
 Fecha de realización de ensayos: 14 octubre 2023

Identificación de la Muestra	Tiempo (minutos)	Biocarbón Dosis g.	Manganeso	Cadmio	Plomo
			mg/l	mg/l	mg/l
1 MB	30	2	25	35	50
2 MM1			15	18	30
3 MM2			16	18	29
4 MM3			14	17	29
5 MM1	60	2	9	9	14
6 MM2			10	8	15
7 MM3			8	10	15
8 MM1	90	2	10	10	11
9 MM2			10	10	12
10 MM3			9	10	11
11 MM4	30	6	11	12	21
12 MM5			11	10	22
13 MM6			12	11	22
14 MM4	60	6	6	4	9
15 MM5			5	5	10
16 MM6			5	4	8
17 MM4	90	6	8	5	7
18 MM5			7	5	5
19 MM6			7	4	5
20 MM4	30	6	4	8	14
21 MM5			6	7	13
22 MM6			5	9	13
23 MM4	60	6	1	0.7	5
24 MM5			0.9	0.6	4
25 MM6			0.8	0.7	4
26 MM4	90	6	1	0.9	0.9
27 MM5			2	1	0.8
28 MM6			2	1	0.7

Se reservan todos los derechos para desarrollo académico


 Daniel Neciosup Gonzales
 Asistente Del Laboratorio
 De Biotecnología




 Mg. Sc. Freddy Pilca Alaga
 Jefe de escuela Ingeniería Ambiental

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
PFQ-023-2022

Página 1 de 2

Expediente : 07F22-002
Solicitante : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO S.A.C.
Dirección : AV. PARQUE N° 640 - SAN JUAN DE LURIGANCHO
Instrumento : MEDIDOR DE PH
Alcance de Indicación : 0.00 pH a 14.0 pH
Div. Min. de Escala (d) (*) : 0.01 pH
Clase de Exactitud : No Indica
Marca : CRISON
Modelo : BASCI 20
Tipo de Indicación : Digital
Procedencia : España
Número de Serie : 234053
Código de Identificación : No Indica
Ubicación : Laboratorio de Biotecnología
Fecha de Calibración : 2022 - 11 - 30
Fecha de Emisión : 2022 - 12 - 01

Método de Calibración: Empleado

Método de comparación directa entre las indicaciones de lectura del instrumento y disoluciones patrón. Tomando como referencia el procedimiento INDECOP/ISNM PC-020. 2010 "Procedimiento de calibración de medidores de pH"

Observaciones

(*) Obtenida a partir de la División Mínima de Escala (d) del equipo.

Los resultados indicados en el presente documento son válidos en el momento de la calibración y se refieren exclusivamente al instrumento calibrado, no debe utilizarse como certificado de conformidad de producto.

PRESITEC no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documento.

El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes.

El presente documento carece de valor sin firmas y sellos.

(**) Se adhirió una etiqueta "Calibrado" al equipo indicando la fecha de realizado.



HCFQ-05-Rev 00

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
PFQ-023-2022

Página 2 de 2

Trazabilidad

Los resultados de la calibración realizada son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales del National Institute of Standards and Technology (NIST) en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP)

Trazabilidad		Patrón de PRESITEC	
Patrón de Referencias	Patrón de Trabajo	Certif. / Inf.	Calibración
Disolución Tampón 4.00 PH a 25°C NIST - USA	Ampolla de 20 ml LL 190265/A U(k=2) ±0.14	SI Analytica GmbH	DIN 55 350
Disolución Tampón 7.00 PH a 25°C NIST - USA	Ampolla de 20 ml LL 1180115/A U(k=2) ±0.13	SI Analytica GmbH	DIN 55 350
Disolución Tampón 10.00 PH a 25°C NIST - USA	Ampolla de 20 ml LL 170124/A U(k=2) ±0.13	SI Analytica GmbH	DIN 55 350
Disolución Tampón 12.83 mS PH a 25°C NIST - USA	Ampolla de 20 ml LL 170124/A U(k=2) ±0.13	SI Analytica GmbH	DIN 55 350

Condiciones Ambientales

Condiciones Ambientales	Mínima	Máxima
Temperatura	20.3 °C	20.8 °C
Humedad Relativa	68 %	69 %

Resultados de Calibración

Temperatura de Ensayo (°C)	Valor Certificado pH	Lectura de equipo pH	Error pH	Incertidumbre pH (k=2)
25.0	4.00	3.99	-0.01	0.14
24.3	7.00	7.01	0.01	0.14
24.6	10.01	10.02	0.01	0.15

Incertidumbre

La Incertidumbre de medición reportada ha sido calculada de acuerdo con las Guías OIML G1-100-en: 2008 (JCGM 100:2008) y OIML G1-104-en: 2009 (JCGM 104:2009) "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en las Mediciones (GUM)", la cual sugiere desarrollar un modelo matemático que tome en cuenta los factores de influencia durante la calibración.

La Incertidumbre indicada no incluye una estimación de las variaciones a largo plazo.

La Incertidumbre de medición reportada se denomina Incertidumbre Expandida (U) y se obtiene de la multiplicación de la Incertidumbre Estándar Combinada (u) por el Factor de Cobertura (k). Generalmente se expresa un factor k=2 para un Nivel de Confianza de aproximadamente 95%.

Fin del Certificado de Calibración

HCPFQ-05-Rev 00

Fotos del trabajo experimental en laboratorio de la Universidad Cesar Vallejo

