



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AMBIENTAL

Evaluación de la cinética de adsorción de Cd (II) en medio acuoso empleando ormosia coccinea como material adsorbente, Lima 2023

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

AUTORES:

Pacheco Asencio, Pedro Felix (orcid.org/0009-0002-1261-7350)
Perez Gonzalez, Diego Francisco (orcid.org/0009-0004-7637-7856)

ASESOR:

Mg. Grijalva Aroni, Percy Luis (orcid.org/0000-0002-2622-784X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Apoyo a la reducción de brechas y carencias en la educación en todos sus niveles

LIMA – PERÚ

2023

Dedicatoria

Lo presente se lo dedicamos con todo nuestro corazón a nuestra familia porque son lo más sagrado que tenemos en nuestra vida, por ser siempre nuestro motivadores y los formadores la cual han contribuido la consecución de este logro y triunfo.

Agradecimiento

Gracias a Dios por permitirnos tener a nuestra familia en este logro de superación, por ser nuestra luz en el camino de sabiduría y al M. Sc. Percy Grijalva por habernos guiado en este proyecto sabiendo direccionar nuestros conocimientos.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, GRIJALVA ARONI PERCY LUIS, 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: "Evaluación de la cinética de adsorción de Cd (II) en medio acuoso empleando Ormosia coccinea como material adsorbente, Lima 2023", cuyos autores son PACHECO ASENCIO PEDRO FELIX, PEREZ GONZALEZ DIEGO FRANCISCO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 15.00%, 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, 25 de Enero del 2024

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
PERCY LUIS GRIJALVA ARONI DNI: 46460354 ORCID: 0000-0002-2622-784X	Firmado electrónicamente por: PGRIJALDAAR el 15-02-2024 19:32:35

Código documento Trilce: TRI - 0735937





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, PACHECO ASECIO PEDRO FELIX, PEREZ GONZALEZ DIEGO FRANCISCO 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: "Evaluación de la cinética de adsorción de Cd (II) en medio acuoso empleando Ormosia coccinea como material adsorbente, Lima 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
PEDRO FELIX PACHECO ASECIO DNI: 43084340 ORCID: 0009-0002-1261-7350	Firmado electrónicamente por: PEPACHECOAS el 25-01-2024 14:46:19
DIEGO FRANCISCO PEREZ GONZALEZ DNI: 72500332 ORCID: 0009-0004-7637-7856	Firmado electrónicamente por: DIPEREZGO el 25-01-2024 20:38:21

Código documento Trilce: TRI - 0735938



Índice de contenidos

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento.....	iii
Declaratoria de Autenticidad del Asesor	iv
Declaratoria de Originalidad de los Autores	v
Índice de contenidos.....	vi
Índice de tablas.....	vii
Indice de figuras	ix
Resumen	x
Abstract	xi
I.INTRODUCCIÓN	1
II.MARCO TEORICO	5
III.METODOLOGÍA	15
3.1. Tipo y diseño de investigación	15
3.2. Variables y operacionalización	15
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis	16
3.4. Técnica e instrumento de recolección de datos	16
3.5. Procedimientos.....	17
3.6. Método de análisis de datos.....	18
3.7. Aspectos éticos	19
IV.RESULTADOS	20
V. DISCUSIÓN	47
VI.CONCLUSIONES.....	51
VII.RECOMENDACIONES.....	52
REFERENCIAS	53
ANEXOS	59

Índice de tablas

Tabla 1. Parámetros de elaboración de biochar con <i>Ormosia Coccinea</i> _____	20
Tabla 2. Porcentaje de remoción a una dosis de adsorbente <i>Ormosia Coccinea</i> de 0,0000 (g/ml) _____	20
Tabla 3. Porcentaje de remoción a una dosis de adsorbente <i>Ormosia Coccinea</i> de 0,0003 (g/ml) _____	21
Tabla 4. Porcentaje de remoción a una dosis de adsorbente <i>Ormosia Coccinea</i> de 0,0006 (g/ml) _____	21
Tabla 5. Porcentaje de remoción a una dosis de adsorbente <i>Ormosia Coccinea</i> de 0,0009 (g/ml) _____	21
Tabla 6. Porcentaje de remoción a una dosis de adsorbente <i>Ormosia Coccinea</i> de 0,0012 (g/ml) _____	22
Tabla 7. Porcentaje de remoción a una dosis de adsorbente <i>Ormosia Coccinea</i> de 0,0015 (g/ml) _____	22
Tabla 8. Porcentaje de remoción a una dosis de adsorbente <i>Ormosia Coccinea</i> de 0,0018 (g/ml) _____	22
Tabla 9. Porcentaje de remoción a una dosis de adsorbente <i>Ormosia Coccinea</i> de 0,0021 (g/ml) _____	23
Tabla 10. Porcentaje de remoción a una dosis de adsorbente <i>Ormosia Coccinea</i> de 0,0024 (g/ml) _____	23
Tabla 11. Porcentaje de remoción a una dosis de adsorbente <i>Ormosia Coccinea</i> de 0,0027 (g/ml) _____	23
Tabla 12. Porcentaje de remoción a una dosis de adsorbente <i>Ormosia Coccinea</i> de 0,0030 (g/ml) _____	23
Tabla 13. Porcentaje de remoción con un pH de 3.5 en la muestra patrón ____	24
Tabla 14. Porcentaje de remoción con un pH de 3,0 _____	25
Tabla 15. Porcentaje de remoción con un pH de 3,5 _____	25
Tabla 16. Porcentaje de remoción con un pH de 4 _____	26
Tabla 17. Porcentaje de remoción con un pH de 4,5 _____	26
Tabla 18. Porcentaje de remoción con un pH de 5 _____	27
Tabla 19. Porcentaje de remoción con un pH de 5,5 _____	27
Tabla 20. Porcentaje de remoción con un pH de 6 _____	28
Tabla 21. Porcentaje de remoción con un pH de 6,5 _____	28

<i>Tabla 22. Porcentaje de remoción con un pH de 7</i>	28
<i>Tabla 23. Porcentaje de remoción con un pH de 6,5</i>	29
<i>Tabla 24. Cinética de adsorción a una concentración inicial de Cd de 2 mg/l</i>	30
<i>Tabla 25. Cinética de adsorción a una concentración inicial de Cd de 4 mg/l</i>	31
<i>Tabla 26. Cinética de adsorción a una concentración inicial de Cd de 6 mg/l</i>	31
<i>Tabla 27. Cinética de adsorción a una concentración inicial de Cd de 8 mg/l</i>	32
<i>Tabla 28. Cinética de adsorción a una concentración inicial de Cd de 10 mg/l</i>	32
<i>Tabla 29. Cantidad de adsorción en un tiempo establecido (qt)</i>	33
<i>Tabla 30. Cantidad adsorbida en el equilibrio (qe)</i>	33
<i>Tabla 31. Determinación de la constante $\ln(q_e - q_t)$</i>	33
<i>Tabla 32. Comparación del R^2</i>	37
<i>Tabla 33. Determinación del valor qt</i>	37
<i>Tabla 34. Determinación de t/qt</i>	38
<i>Tabla 35. Comparación del R^2</i>	41
<i>Tabla 36. Clasificación de la dosis según porcentaje de adsorción de Cd mediante algoritmo Cluster</i>	41
<i>Tabla 37. Prueba ANOVA para comparar los Clúster identificados</i>	42
<i>Tabla 38. Prueba ANOVA para comparar el porcentaje de remoción de Cd según nivel de PH</i>	43
<i>Tabla 39. Prueba de Tukey</i>	43
<i>Tabla 40. Porcentaje de absorción de Cd según nivel de dosis</i>	44
<i>Tabla 41. Prueba ANOVA para comparar nivel de absorción según nivel de dosis</i>	45
<i>Tabla 42. Prueba de Tukey para comparar porcentaje medio de remoción</i>	45

Índice de figuras

<i>Figura 1. Fuentes antropogénicas de contaminación de medio acuoso por Cd</i>	12
<i>Figura 2. Determinación de la constante cinética con la concentración de Cd de 2mg/l</i>	34
<i>Figura 3. Determinación de la constante cinética con la concentración de Cd de 4mg/l</i>	35
<i>Figura 4. Determinación de la constante cinética con la concentración de Cd de 6mg/l</i>	35
<i>Figura 5. Determinación de la constante cinética con la concentración de Cd de 8mg/l</i>	36
<i>Figura 6. Determinación de la constante cinética con la concentración de Cd de 10mg/l</i>	36
<i>Figura 7. Relación del tiempo sobre t/qt para concentración de 2 mg/l</i>	38
<i>Figura 8. Relación del tiempo sobre t/qt para concentración de 4 mg/l</i>	39
<i>Figura 9. Relación del tiempo sobre t/qt para concentración de 6 mg/l</i>	39
<i>Figura 10. Relación del tiempo sobre t/qt para concentración de 8 mg/l</i>	40
<i>Figura 11. Relación del tiempo sobre t/qt para concentración de 10 mg/l</i>	40
<i>Figura 12. Porcentaje de remoción respecto a la dosis</i>	42
<i>Figura 13. Porcentaje medio de remoción de Cd según nivel de PH</i>	44
<i>Figura 14. Capacidad de adsorción de acuerdo a la concentración de Cd</i>	46

Resumen

El presente estudio tuvo como objetivo determinar la eficiencia de la cinética en la adsorción de Cd (II) en medio acuoso empleando *Ormosia Coccinea* como material adsorbente; para ello se aplicó un estudio de tipo básico, con diseño cuasi experimental.

En los resultados, la dosis óptima del material adsorbente que permite el mayor porcentaje de adsorción de Cd (II) fueron 0,0012 (g/ml), 0,0015 (g/ml), 0,0018 (g/ml), 0,0021 (g/ml), 0,0024 (g/ml), 0,0027 (g/ml) y 0,0030 (g/ml); concluyendo que a mayor dosis de adsorbente es mayor el porcentaje de remoción existiendo una relación directa. El pH adecuado de la adsorción de Cd es en medio ácido a neutro, presentándose las mayores eficiencias de remoción a pH de 3,5 a 6,5 por las interacciones iónicas que se logran en ese medio. El modelo cinético al que mejor se ajusta la adsorción de Cd (II) fue el modelo cinético de segundo orden, donde todos los valores del R² son los que más se acercan a 1; a diferencia de los valores de la cinética de primer orden y demostrando así que el modelo cinético pseudo segundo orden resultó ser el más adecuado, ajustándose mejor a los datos experimentales.

Palabras clave: Biochar, cinética, adsorción, cadmio

Abstract

The objective of the present study was to determine the efficiency of the kinetics in the adsorption of Cd (II) in aqueous media using *Ormosia Coccinea* as adsorbent material; for this purpose, a basic study with a quasi-experimental design was applied.

In the results, the optimum dose of the adsorbent material that allows the highest percentage of Cd (II) adsorption were 0.0012 (g/ml), 0.0015 (g/ml), 0.0018 (g/ml), 0.0021 (g/ml), 0.0024 (g/ml), 0.0027 (g/ml) and 0.0030 (g/ml); concluding that the higher the adsorbent dose, the higher the percentage of removal, there being a direct relationship. The appropriate pH for Cd adsorption is in an acid to neutral medium, with the highest removal efficiencies at pH 3.5 to 6.5 due to the ionic interactions achieved in this medium. The kinetic model to which the adsorption of Cd (II) best fits was the second order kinetic model, where all the R² values are the ones closest to 1; unlike the values of the first order kinetics and thus demonstrating that the pseudo-second order kinetic model was the most adequate, fitting better to the experimental data.

Keywords: Biochar, kinetics, adsorption, cadmium.

I. INTRODUCCIÓN

La creciente expansión mundial de la actividad industrial ha suscitado una gran preocupación en todo el mundo por el envenenamiento de las fuentes de agua con iones metálicos peligrosos (Barsbay Murat et al., 2018, p.1).

Siendo a nivel mundial los diversos metales pesados quienes están generando diversos tipos de problemas por lo que son considerados en el suelo y medios acuosos como un patrón de degradación (He Mingjiang et al., 2019, p.2).

Siendo entre los diversos metales el Cd (II) quien es el más persistente y por lo cual genera la contaminación de diversos recursos que trae consigo efectos adversos a largo plazo sobre los sistemas (Wang Lu et al., 2021, p.1). En medio acuoso el Cd (II) genera daños perjudiciales al ser un metal móvil, venenoso y no biodegradable, ocasionando efectos negativos en seres humanos, animales y vegetación (Kaur Balpreet et al., 2022, p.1).

La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer menciona que el Cd (II) se encuentra clasificado como carcinógeno del grupo 1 con una concentración de Cd(II) de hasta 300 mg/L y a pesar de ello está presente tanto en aguas residuales industriales como en aguas subterráneas (Kubier et al., 2019 citado en Hu Yi-bo et al., 2022, p.2). Incluso en cantidades bajas, el cadmio puede dañar el hígado, los riñones y el sistema respiratorio y aumentar la presión arterial (Janegitz Bruno C. et al., 2011, citado en Ofudje E. et al., 2023, p.3).

Ante ello, existen diversos métodos de tratamientos como la coagulación, ozonización, floculación, oxidación, neutralización y de más, pero todas ellas presentan una característica y es que no son tratamientos naturales; por lo cual el aplicar una técnica como adsorbentes naturales permite que la adsorción del Cd (II) tenga ventajas a diferencia de otros tratamientos (Kaur B. et al., 2022, p.1).

Pero a pesar que existen diversos métodos y estudios que lo aplican, el método de adsorción es el menos costoso y el más beneficioso para el medio ambiente; por lo que es considerado como el ideal para la adsorción de Cd (II) (Van Huu Tap et al., 2019, p.1). La adsorción mediante biomateriales ha demostrado ser económicamente ventajosa y muy eficaz para eliminar contaminantes de las corrientes de agua y aguas residuales, incluidos los metales pesados; convirtiéndose en una posible vía de tratamiento alternativa a métodos más tradicionales (Hashem A. et al., 2020, p.4).

Ante ello, se plantean los siguientes objetivos de estudio:

Problema general:

¿Cuál es la eficiencia de la cinética en la adsorción de cd (II) en medio acuoso empleando *Ormosia Coccinea* como material adsorbente?

Problemas específicos:

PE1: ¿Cuál es la dosis óptima del material adsorbente que permitirá el mayor porcentaje de adsorción de Cd (II)?

PE2: ¿Cuál es el pH adecuado de la adsorción de Cd aplicando material adsorbente con *Ormosia Coccinea*?

PE3: ¿Cuál es el modelo cinético al que mejor se ajusta la adsorción de Cd (II) empleando *Ormosia Coccinea* como material adsorbente?

Objetivo general:

Determinar la eficiencia de la cinética en la adsorción de cd (II) en medio acuoso empleando *Ormosia Coccinea* como material adsorbente

Objetivos específicos:

OE1: Determinar la dosis óptima del material adsorbente que permitirá el mayor porcentaje de adsorción de Cd (II)

OE2: Determinar el pH adecuado de la adsorción de Cd aplicando material adsorbente con *Ormosia Coccinea*

OE3: Determinar el modelo cinético al que mejor se ajusta la adsorción de Cd (II) empleando *Ormosia Coccinea* como material adsorbente

Hipótesis general:

La adecuada cinética presenta óptima eficiencia en la adsorción de cd (II) en medio acuoso empleando *Ormosia Coccinea* como material adsorbente

Hipótesis específicas:

HE1: La dosis óptima aplicando material adsorbente con *Ormosia Coccinea* genera la mayor eficiencia de remoción de Cd (II)

HE2: El pH adecuado permita la mayor eficiencia de la adsorción de Cd

HE3: El adecuado modelo cinético al que mejor se ajusta la adsorción de Cd (II) permitirá una óptima eficiencia empleando *Ormosia Coccinea* como material adsorbente

En cuanto a la justificación práctica se debe señalar que el uso de materiales adsorbentes a partir de residuos forestales como la *Ormosia Coccinea* es una manera sostenible y económicamente viable para remediar un medio acuoso contaminado con el metal Cd (II).

En ello, se presenta la justificación ambiental, el cual considera que emplear residuos forestales para la adsorción de iones metálicos contaminantes del agua es una manera viable y favorable con respecto a los impactos positivos que se generen al medio ambiente, además, el utilizar residuos como los forestales (*Ormosia Coccinea*), incrementa al uso de la gestión de residuos que inicialmente no presentan un valor económico y al ser usados disminuyen la contaminación.

Además, considerando que la producción de adsorbentes a partir de residuos forestales, como la madera *Ormosia Coccinea*, puede tener un impacto positivo en el medio ambiente al reducir la cantidad de residuos que se generan en los aserraderos.

Por último, se presenta una justificación económica, ya que, al utilizar residuos sin ningún valor agregado como la viruta, aserrín, de *Ormosia Coccinea*, podría ser una actividad económicamente rentable para los dueños de aserraderos, además que para los investigadores interesados en el tema sería un punto favorable al disminuir los costos en su financiamiento.

II. MARCO TEÓRICO

Hashem A. et al., (2020, p.1); en su estudio la adsorción por lotes de iones Cd(II) a partir de una solución acuosa se utilizó para probar la fácil alteración del serrín de madera de pino con ácido maleico para formar un sorbente destinado a la adsorción de iones metálicos. Para describir el sorbente se utilizaron el pH de carga de punto cero (pH ZPC), el examen espectroscópico de la funcionalización de la superficie y las propiedades estructurales y morfológicas. Se examinaron la dosis de adsorbente, el pH de la solución, el tiempo de contacto y la concentración de iones Cd(II) como factores que influyen en el comportamiento de adsorción. Según los datos, el equilibrio se alcanza en unos 35 minutos, lo que indica que la velocidad de adsorción es relativamente rápida. Aunque los datos derivados de los modelos isotérmicos de dos y tres parámetros se evaluaron mediante métodos de regresión no lineal, con análisis de errores, para determinar el modelo más adecuado y permitir la predicción de los parámetros óptimos, el análisis posterior reveló un comportamiento langmuiriano y una capacidad de adsorción en monocapa de 180,4 mg g⁻¹, a pH 6. Con un bajo nivel de variabilidad en los sitios de adsorción ocupados, el modelo isotérmico de Sips resultó ser el más adecuado para explicar los datos experimentales recogidos en el estudio. Esto sugiere que la interacción de los iones metálicos es preferentemente exclusiva con los residuos de carboxilato adicionales. Para arrojar luz sobre el mecanismo de adsorción y demostrar el pseudo-segundo orden, también se examinó la velocidad de adsorción utilizando diversos modelos cinéticos (pseudo-primer orden, pseudo-segundo orden, Bangham y Elovich) en sus formas no lineales.

Pelalak Rasool et al., (2021, p.1); en su estudio se crearon nanocompuestos magnéticos de ceniza de madera de roble y óxido de grafeno (ceniza/GO/Fe₃O₄) como adsorbentes altamente eficaces en la eliminación de metales pesados nocivos como los iones plomo (Pb(II)) y cadmio (Cd(II)) de medios acuáticos. La caracterización de las muestras de ceniza/GO/Fe₃O₄ se realizó mediante técnicas FESEM, TEM, mapeo

EDX, BET/BJH, XRD, FTIR y VSM. Los resultados demostraron que los nanocompuestos de ceniza/GO/Fe₃O₄ se sintetizaron con éxito. En circunstancias óptimas de adsorción, se alcanzó una eficiencia de adsorción de más del 100% de los nanocompuestos de Ceniza/GO/Fe₃O₄ fabricados (99,67% y 98,68% para la adsorción de Pb(II) y Cd(II), respectivamente). Los resultados de la modelización cinética mostraron que una ecuación de pseudo-segundo orden con un alto coeficiente de regresión (99,67%) proporcionaba un buen ajuste para el mecanismo del proceso de adsorción de Pb(II) y Cd(II). Además, el modelo no lineal de Langmuir proporcionó una buena descripción de los resultados de equilibrio, con las mayores capacidades de adsorción de 47,16 mg/g para los iones Pb(II) y 43,66 mg/g para los iones Cd(II), respectivamente, demostrando la eficiente capacidad de adsorción del nanocompuesto magnético. Las investigaciones termodinámicas corroboraron la naturaleza exotérmica y espontánea del proceso de adsorción. La notable durabilidad de los nanocompuestos sintéticos de Ceniza/GO/Fe₃O₄ hasta 8 ciclos repetidos de adsorción y la baja pérdida de adsorción sirvieron para demostrar su reutilización. Se evaluó la capacidad de los nanocompuestos de Ceniza/GO/Fe₃O₄ para adsorber Pb(II) y Cd(II).

Asuquo Edidionng et al., (2017, p.1); en su artículo se analizó la eliminación de iones de cadmio y plomo de soluciones acuosas utilizando un adsorbente de carbón activado comercial (CGAC) en configuración discontinua. Se encontró que el adsorbente tenía una estructura mesoporosa basada en su superficie gruesa con fisuras, alta resistencia a la atrición, alta área superficial, alto volumen de poros y distribución bimodal del tamaño de poros. La cinética de sorción de los iones Cd(II) y Pb(II) siguió un perfil cinético de dos etapas, con una absorción máxima ($q_{e,exp}$) de 17,23 mg g⁻¹ para los iones Cd(II) y de 16,84 mg g⁻¹ para los iones Pb(II), respectivamente, que se produjo en 30 minutos y una rápida absorción inicial en 60 minutos. De acuerdo con la modelización de la cinética de sorción, la sorción de iones Pb(II) se explicó mejor por el modelo de pseudo primer orden (PFO) que la de Cd(II), mientras que lo

contrario se observó para el modelo de pseudo segundo orden (PSO). La difusión intrapartícula puede no ser el único factor que influye en la velocidad de absorción de iones, según el modelado de difusión intrapartícula. Los resultados de la modelización isotérmica mostraron que la captación del ion Pb(II) estaba mejor caracterizada por los modelos de Langmuir y Freundlich que por el ion Cd(II). La isoterma de Langmuir demostró ser superior a los otros dos modelos para describir la adsorción de los iones Cd(II) y Pb(II) por el adsorbente. Para los iones Cd(II) y Pb(II), la capacidad de carga máxima (q_{max}) determinada a partir de la isoterma de Langmuir fue de 27,3 mg g⁻¹ y 20,3 mg g⁻¹, respectivamente.

Yuan Hanmeng et al., (2021, p.1); en su estudio describieron una nueva madera fluorescente (FW) con buenas propiedades de fluorescencia, no citotoxicidad (viabilidad celular de >90%), y alta sensibilidad de detección y selectividad para Cr. Tiene una capacidad de adsorción teórica máxima de 98,14 mg/g para el cromo hexavalente [Cr(VI)].(VI). Los pasos utilizados para crear el FW fueron la deslignificación, la penetración con puntos de carbono y la polimerización por radicales libres con ácido acrílico. La estructura porosa tridimensional reconstruida del FW proporcionó numerosos sitios de sorción eficaces, incluidos grupos amino, hidroxilo y carboxilo, según el estudio mecanístico. Como resultado, se estabilizó la señal de fluorescencia y aumentó la capacidad de adsorción, mejorando la capacidad de detección. Estos elementos aumentan en gran medida el potencial del nuevo FW para su uso en el tratamiento de aguas residuales cuando se requiere la reducción de iones Cr(VI).

Ogata Fumihiko et al., (2020, p.1); en su artículo sintetizaron lignina virgen (Lig) y lignina calcinada (Lig200, Lig400, Lig600, Lig800 y Lig1000) para evaluar la capacidad de adsorción y aclarar el mecanismo de adsorción de Cd(II) de la fase acuosa. Se examinaron los parámetros de los adsorbentes, como su superficie específica y volumen de poros, y se evaluó la capacidad de adsorción de Cd(II), así como el impacto de la temperatura, el tiempo de contacto y el pH. La capacidad de adsorción de Cd(II) de la fase acuosa se relacionó con las propiedades de la superficie

del adsorbente, y los coeficientes de correlación entre la cantidad adsorbida y el área superficial específica y el volumen total de poros fueron, respectivamente, 0,872 y 0,960. Además, la cantidad adsorbida de Lig800 (91,3 mg/g) fue superior a la de otras muestras adsorbentes. Para explorar la energía de enlace y la distribución elemental antes y después de la adsorción de Cd(II), se aclaró el mecanismo de adsorción. Por último, se demostró que el Cd(II) podía eliminarse de Lig800 utilizando una solución de ácido clorhídrico. Los resultados anteriores indican que Lig800 podría ser una posibilidad para eliminar Cd (II).

Ke Yuxin et al., (2023, p.1); en su trabajo estudiaron la adsorción del biocarbón (BC) para el Cd, consistiendo la etapa experimental en los BC preparados con tres grados de pirólisis, el envejecimiento combinado simulado (seco-húmedo, ciclo de congelación-descongelación y tratamiento de oxidación) indujo cambios en los mecanismos de inmovilización, así como en la distribución de la especiación del Cd(II). La capacidad de adsorción de Cd(II) de BC300, BC500 y BC700 disminuyó en un 31,12%, 50,63% y 14,94%, respectivamente, según los resultados, lo que demostró una inhibición significativa del envejecimiento en el rendimiento de la adsorción. Los resultados de la extracción secuencial, sin embargo, mostraron que el proceso de envejecimiento tuvo poco impacto en el fraccionamiento relativo de la especiación de Cd(II). La distribución de las fracciones de Cd(II) fácilmente biodisponibles, potencialmente biodisponibles y no biodisponibles en la CB cambió muy poco con la edad. Tras el envejecimiento, la sorción de Cd(II) disminuyó en general, pero la disponibilidad fraccional (en términos relativos) se mantuvo constante. El biocarbón producido a 500 °C tuvo el mayor porcentaje de Cd(II) no biodisponible (67,23% del BC500, 59,17% del envejecido-500), haciéndolo más prometedor para la inmovilización de Cd(II) cuando se compara con el biocarbón producido a 300 y 700 °C.

Ji Yining et al., (2022, p.1); en su estudio examinaron el mecanismo de adsorción de las varillas de hongos de oreja de madera modificadas pirólicamente, un nuevo bioadsorbente para soluciones de iones simples y mixtos. Pb^{2+} y Cd^{2+} Las capacidades de adsorción de Cd^{2+} y Pb^{2+} aumentaron con el incremento de la temperatura de pirólisis del WMBC, según las pruebas de adsorción del biocarbón. (biocarbón de palo de hongo de oreja de madera). La capacidad máxima de adsorción de Cd^{2+} y Pb^{2+} aumenta con el incremento de la temperatura de pirólisis, según el modelo de Langmuir, y es, respectivamente, 29,84, 39,08, 46,16 $mg\cdot g^{-1}$ y 124,3, 186,8, 234,2 $mg\cdot g^{-1}$ a tres temperaturas de pirólisis distintas 250, 450, y 650 °C. El Pb^{2+} tuvo una mayor capacidad de adsorción en WMBC que el Cd^{2+} . La adsorción de Cd^{2+} se vio fuertemente reducida por la competencia entre los dos metales pesados. Según las pruebas realizadas mediante difracción de rayos X (DRX), microscopía electrónica de barrido con espectroscopia de dispersión de energía de rayos X (SEM-EDS) y espectroscopia de infrarrojos por transformada de Fourier (FTIR), los principales procesos de interacción fueron la complejación, el intercambio iónico, la precipitación y la interacción C-. Los resultados apuntan a que el WMBC es un adsorbente novedoso, rentable y potente que tiene el potencial de emplearse para eliminar los contaminantes Cd^{2+} y Pb^{2+} de los medios ambientales.

Sun Lijian et al., (2022, p.1); en su estudio se describieron las características y la composición del biocarbón puro y modificado. Tras la modificación, el biocarbón presentaba un pH y una concentración de cenizas notablemente superiores. De acuerdo con los resultados de la espectroscopia de energía dispersiva, el biocarbón modificado con azufre, hidroxiapatita y $MnFe_2O_4$ se cargó eficazmente en S, Ca/P y Fe/Mn, respectivamente. El modelo cinético de pseudo segundo orden describió mejor la cinética de adsorción del Cd^{2+} tanto por el biocarbón inalterado como por el modificado, indicando que la quimisorción fue el proceso por el cual el Cd^{2+} fue adsorbido en el biocarbón. El modelo Freundlich describió mejor las isotermas de adsorción de Cd^{2+} del biocarbón de gallinaza modificado con azufre (SCMB), el biocarbón de gallinaza

modificado con hidroxiapatita (HCMB) y el biocarbón de gallinaza modificado con MnFe_2O_4 (FMCMB), mientras que el modelo Langmuir describió mejor la adsorción de Cd^{2+} por el biocarbón de gallinaza no modificado (CMB). Las mayores capacidades de adsorción de Cd^{2+} de SCMB, HCMB, FMCMB, y CMB fueron, correspondientemente, 188.20, 111.53, 109.94, y 19.65 mg/g. Un análisis cuantitativo del mecanismo de adsorción de Cd^{2+} por el biocarbón reveló que la contribución del intercambio iónico para el CMB supuso el 58% del total, mientras que SCMB, HCMB, y FMCMB descendieron a sólo el 12%, 8%, y 4%, respectivamente. Mientras tanto, tras el cambio, la precipitación, la complejación y la coordinación metal-C contribuyeron más a la adsorción de Cd^{2+} . En un experimento en macetas, se descubrió que la adición de SCMB al suelo elevaba en gran medida el valor del pH, reducía la cantidad de Cd biodisponible en el suelo e impedía que los brotes de *brassica chinensis* absorbieran Cd, lo que indica que el SCMB puede ser una opción viable para el uso seguro de suelos agrícolas contaminados con Cd.

Así mismo, a nivel nacional, Chuquilín G. et al., (2016, p.1); en su trabajo de investigación, se buscó analizar la eficiencia de adsorción del Cd (II) y Pb (II) empleando un material adsorbente natural, realizando el estudio en Huancayo en una laguna llamada Ñahuimpuquio; la metodología se llevó a cabo en un sistema discontinuo, en la cual se evaluó la capacidad de biosorción de *Nostoc sphaericum Vaucher*. Los parámetros fueron: un intervalo de pH de 2 a 5, una concentración de metal de 40 a 240 ppm, 0,13 g de Nostoc seco por 50 mL de solución y agitación a 25 °C. Se utilizó espectroscopia de absorción atómica para determinar las cantidades de Cd (II) y Pb (II). Con q_{max} de 185,83 mg / g de nostoc y K_d de 0,095 L/g, el modelo de Langmuir se ajustó para el Pb (II) ($R^2 = 99,97\%$, $p > 0,00$); sin embargo, ninguno de los modelos investigados describió los resultados para el Cd. (II). La capacidad de biosorción para Pb (II) demostró estar directamente correlacionada con el pH, alcanzando su máximo a pH 5 ($q = 37,43$ mg Cd/g de nostoc). Sin mostrar un comportamiento especificado por un pH superior o inferior a 3 ($q = 17,12$

mg Cd/g de nostoc), la biosorción de Cd (II) fue máxima a pH 3. Se ajustó un modelo de pseudo segundo orden a la cinética de adsorción de Cd (II) y Pb (II) ($R^2 = 98,38\%$ y $99,99\%$, respectivamente; $p < 0,05$). Los resultados del cribado fitoquímico indicaron la presencia de aminoácidos, azúcares reductores y saponinas.

Los compuestos peligrosos se han introducido en el medio acuático en mayor variedad y cantidad en los últimos años como consecuencia del crecimiento demográfico, la expansión de las actividades humanas a través de diversas industrias y las técnicas de fabricación (Alkherraz et al., 2020, Heidari et al., 2021 citados en Pelalak R. et al., 2021, p.2).

Ante ello, los ODS, también conocidos como la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, lleva proclamando desde 2015 diversos objetivos, siendo entre ellos el objetivo principal los medios acuáticos; donde, la contaminación del agua por metales pesados es una cuestión importante y una fuente creciente de preocupación en todo el mundo (Ogata F. et al., 2020, p.2).

Debido a que, el ser humano viene enfrentándose desde hace décadas a un problema creciente que es la contaminación por iones metálicos pesados en el medio acuático (Solic Marko et al., 2021, p.2).

En la actualidad; la contaminación por iones metálicos de los sistemas acuáticos ha acaparado recientemente la atención a escala mundial (Tang Bentian et al., 2021, p.1). Y es que la contaminación de los diversos recursos como el medio acuático por metales pesados preocupa por sus consecuencias; siendo responsables diversas actividades antropogénicas tanto comerciales como industriales (Mitra Saikat et al., 2022, p.1).

Ante ello, diversos metales pesados son vitales para la supervivencia, pero a ciertas concentraciones y en el organismo las cantidades permitidas son considerados tóxicos y dañinos (Hazrat et al., 2019 citado en Mitra Saikat et al., 2022, p.4). Pero existen ocho metales que son considerados prohibidos en el organismo incluso en cantidades mínimas

debido a su toxicidad, entre este grupo se encuentra el Cd (II) (Atangana Ernestina., 2019, p.3).

En particular, entre los diversos metales el cadmio divalente (Cd (II)) por las características fisicoquímicas altamente peligrosas que presenta encontrado en el medio acuoso genera severas preocupaciones (Lyu Peng et al., 2022, p.1). Es así como solo se encuentra permitido en una cantidad de 0,005 mg/L en el agua potable como máximo (Cotruvo J. y Regelski M., 2017 citado en Abdellaqui Y. et al., 2019, p.2).

Hayat Malik T. et al., hace síntesis sobre la forma de contaminación del Cd hacia el medio acuoso, mencionando lo siguiente:

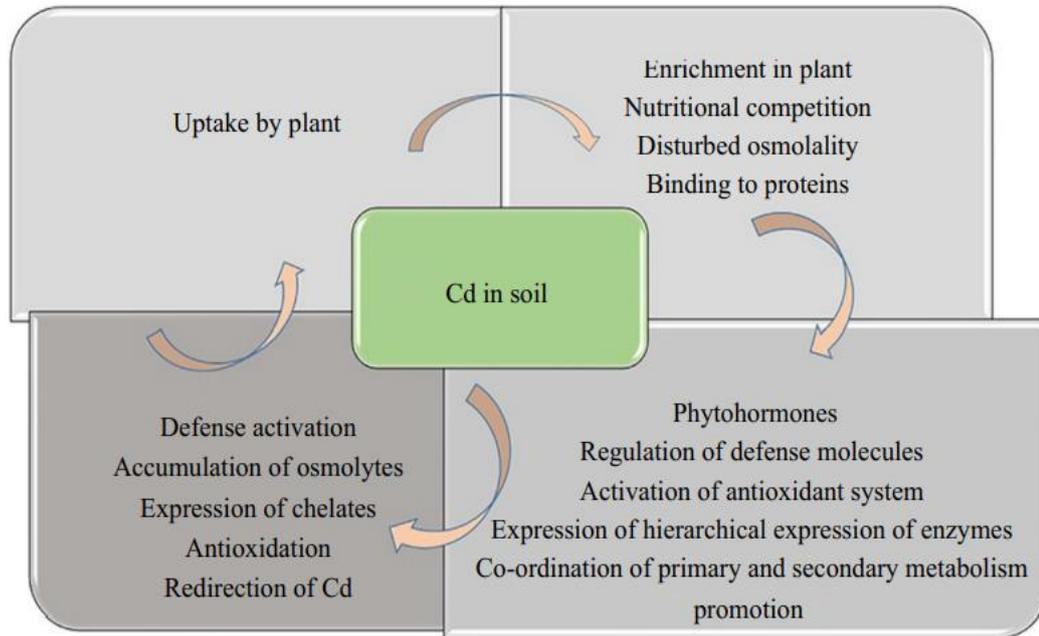
Entre los diversos metales el cadmio es un metal al que pueden estar expuestos los seres vivos de forma diferente dependiendo de si se emite a la atmósfera de forma natural o artificial a través de la actividad humana o animal y mediante la absorción, los residuos industriales y la escorrentía superficial hacia los sedimentos, el suelo y los sedimentos, el cadmio contamina el medio acuático: además, la intoxicación por cadmio puede producirse cuando una persona consume alimentos, respira aire o bebe agua que contiene este metal (2019, p.2).

Además, cuando se encuentra a de manera crónica el Cd (II) causa efectos antagónicos en los organismos vivos; ya que este y sus compuestos se dispersan de diversas maneras (en forma de sedimento, disueltas, adsorbidas o bioacumuladas y las aguas ya sean superficiales, subterráneas o del mar al verse vulneradas por la presencia del ion Cd alteran el equilibrio ecológico (Mahmood Q. et al., 2019, p. 1).

Entre las tantas actividades antropogénicas que ocasionan la contaminación del agua por Cd se describe la figura 1.

Como se muestra en la figura 1 entre las diversas fuentes están la industria metalúrgica, minera, fundición.

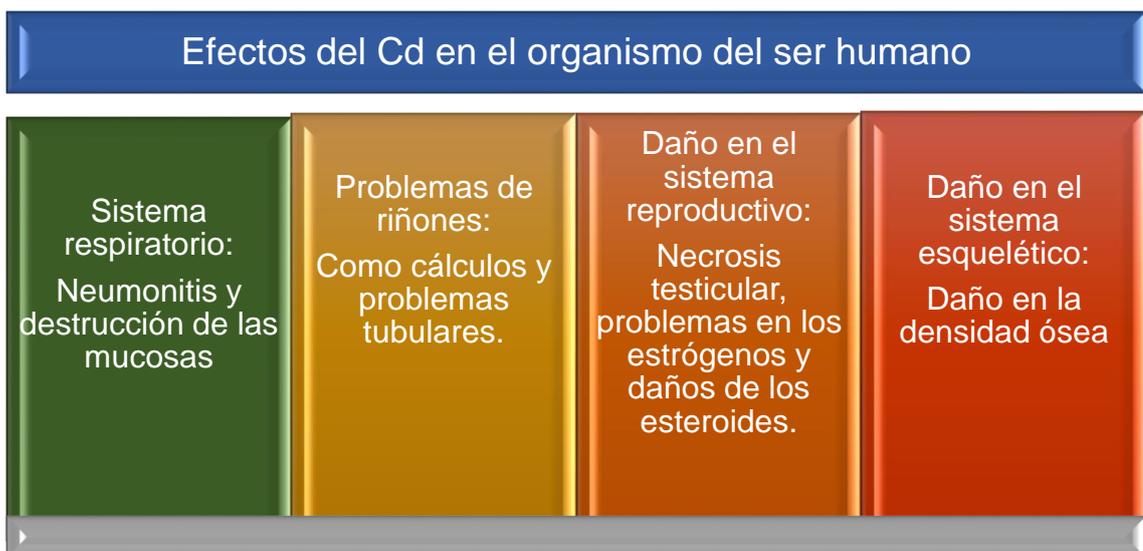
Figura 1. Fuentes antropogénicas de contaminación de medio acuoso por Cd



Fuente: Fuge, 2013 modificado en Mahmood Q. et al., (2019, p.145)

Además, como consecuencia de la contaminación del medio acuoso se generan efectos del Cd en el ser humano como se muestran en el gráfico 1.

Gráfico1. Efectos en el ser humano por ingesta de Cd



Fuente: elaboración propia

Por lo cual, se han realizado diversos estudios sobre la generación de Cd (II) y grupos funcionales, ya que los grupos que se generen son aquellos que van a eliminar la presencia de Cd (II), entre los materiales que presenten la formación grupos funcionales con presencia de grupos carboxilo o fenólicos están las biomásas vegetales (Ogata F. et al., 2020, p.2).

La adsorción, ampliamente reconocida como el método más asequible y fácil de utilizar para la purificación del agua, además de su sencillo modo de funcionamiento, ha sido abordada a lo largo de los años (Van Huun Tap et al., 2019, p.3). Ante esto el carbón activado (CA) es considerado como el adsorbente más empleado en medio acuoso, por su gran superficie específica, una estructura de poros bien desarrollada y una superficie rica en grupos funcionales (Xie Xinling et al., 2019, p.2).

La madera y el serrín, que se utilizan como materias primas y contienen principalmente celulosa y lignina, que tiene un alto potencial para adsorber contaminantes, se consideran recursos naturales entre las numerosas materias primas (Hashem A. et al., 2020, p.4).

Por otro lado, los datos experimentales se ajustan mediante un modelo cinético de primer orden, pseudo segundo orden a los modelos cinéticos de adsorción que explican la tasa de adsorción del biocarbón (Chen M. et al., (2021, p.3). Como se aprecia en la fórmula 1 y 2 de acuerdo a Jiang Y. et al., (2019, p.4).

Pseudo primer orden: $\log(q_e - q_t) = \log(Q_e) - K_1 * t$ ----- formula 1

Pseudo segundo orden: $t/q_t = 1/K_2 * q_e^2 + t/q_e$ ----- formula 2

Siendo:

q_t (mg/g): Cantidad adsorbida en un tiempo t

q_e (mg/g): Cantidad adsorbida en el equilibrio

K : constante de velocidad

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación será básico ya que este tipo de investigación por sus características es aquel que inicia con un marco teórico y su finalidad se centra en analizar una teoría existente, mediante los conocimientos adquiridos.

En tal sentido, se aplicará dicho tipo de investigación, ya que, se buscará determinar entre los diversos estudios ya existentes sobre la adsorción de Cd (II) con materiales naturales, de qué manera influye en la adsorción de Cd (II) en medio acuoso la aplicación de *Ormosia Coccinea* como biochar.

3.1.2. Diseño de investigación

El diseño de investigación será cuasi experimental; siendo descrito por Barnighausen Till et al., (2017, p.21), como como la investigación que se usa para generar relaciones entre de causa efecto entre una variable y otra. Así debido a ello es que se empleará la investigación cuasi-experimental; debido a que este nos permitirá que se toque y altere un tipo de variable de manera intencional, siendo la variable independiente *Ormosia Coccinea* como material adsorbente el cual se alterará para observar de qué manera influenciará en la variable dependiente, es decir cómo afectará en la adsorción de cd (II) en medio Acuoso.

3.2. Variables y operacionalización

Las variables dependiente e independiente se determinaron de acuerdo al problema y solución de estudio, mostrándose a continuación:

- Variable independiente: *Ormosia Coccinea* como material adsorbente
- Variable dependiente: Cinética de adsorción de cd (II) en medio acuoso

Así mismo, las dimensiones e indicadores se muestran en el anexo 1.

3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis

3.3.1. Población: El estudio presenta como población a la *Ormosia Coccinea*, el cual viene a ser el material adsorbente

- **Proceso de inclusión:** Madera o viruta que sea perteneciente a la *Ormosia Coccinea*
- **Procesos de exclusión:** Maderas de otro tipo de clase diferente a la *Ormosia Coccinea*

3.3.2. Muestra: La muestra será 400 kg de madera *Ormosia Coccinea*, el cual será pirolisado para formar el biochar.

3.3.3. Muestreo: El muestreo es probabilístico, ya que la unidad del material a tomar para la muestra será totalmente al azar y recogida de manera aleatoria.

3.3.4. Unidad de análisis: *Ormosia Coccinea*.

3.4. Técnicas e instrumento de recolección de datos

El método utilizado es la observación, ya que este método recoge información pertinente durante el crecimiento de un proyecto y la utiliza para su posterior análisis.

Además, el instrumento a utilizar es la ficha de recolección de datos; este se encuentra en anexos mediante la solicitud presentada para su respectiva validación y aprobación; contando con la ficha 1 que es la ficha que describe los parámetros de elaboración de biochar con *Ormosia Coccinea*, la ficha 2 en el que se describe el proceso de adsorción.

Gráfico 2. Validación de equipos de laboratorio

Equipos	Modelo	Definición	Aplicación
pH metro	HANNA 8424 Serie : S/N	El pH-metro se suele calibrar a 25 °C y se utiliza para comprobar la acidez o la basicidad de una solución (Vitthal S. et al., 2016, p.1).	Se utilizó para determinar el valor del pH de la muestra acuosa.

Termómetro digital	DO Meter Portable HANNA HI 9146, Dissolved Oxygen Meter	Brinda datos digitales que luego se utilizan para leer con gran precisión la temperatura de un cuerpo (Prasannakumaran K. et al., 2021, p.663).	Se utilizó para determinar la temperatura de la muestra acuosa con contaminación de Cd.
--------------------	---	---	---

3.5. Procedimientos

El desarrollo experimental del presente estudio constó de cinco etapas, las cuales se describen a continuación:

1. En primer lugar, se realizó la recolección de la madera *Ormosia Coccinea* el cual será el material adsorbente como biochar
2. En segundo lugar, se elaborará el biochar a base de *Ormosia Coccinea*; para lo cual el 100% del material fue la madera *Ormosia Coccinea*. Dicho material fue cortado en pequeños trozos para poder ser lavados con agua destilada.

Se dejó secar por un día a temperatura ambiente y se realizó la pirolisis a 300, 400 y 500 C° empleando un horno mufla, posterior a ello se tamizó con un mortero y pasó por un proceso de tamizado, para obtener un tamaño de partícula uniforme de 0.05 µm, 1.09µm y 4µm y tres temperaturas de adsorción hasta obtener diferentes productos finales.

3. En tercer lugar, se definió la cantidad de biochar a base de *Ormosia Coccinea* a utilizar, así como el pH indicado para la adsorción del adsorbato.

	0,0000 (g/ml)
	0,0003 (g/ml)
	0,0006 (g/ml)
Dosis	0,0009 (g/ml)
óptima del	0,0012 (g/ml)
material	0,0015 (g/ml)
adsorbente	0,0018 (g/ml)
	0,0021 (g/ml)
	0,0024 (g/ml)
	0,0027 (g/ml)
	0,0030 (g/ml)

pH adecuado para la adsorción de Cd: para determinar de qué manera va a influir el valor pH en la adsorción de Cd (II) se estudiaron diferentes valores del pH (3.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5, 6, 6.5, 7, 6.5).

4. En cuarto lugar, en este proceso es cuando se realizará la cinética de adsorción del Cd (II) y ello se realizará mediante diversos ensayos en los que se variará las concentraciones y el tiempo de contacto y estos resultados son los que permitirán obtener la información de la capacidad de adsorción.
5. En la quinta etapa se presentarán los datos estadísticos.

3.6. Método de análisis de datos

Mediante el uso de un sistema de tablas y gráficos que ayudarán en la interpretación y de programas informáticos como el Excel, se evaluará el análisis de los datos para poder desarrollar con mayor profundidad la discusión del proyecto de investigación.

3.7. Aspectos éticos

En el presente proyecto de investigación que tiene como título Evaluación de la Cinética de Adsorción de cd (II) en Medio Acuoso empleando *Ormosia Coccinea* como Material adsorbente, Lima 2023, se busca contribuir con la sociedad así como contribuir con la conservación y preservación de recursos naturales, por lo que la ética cumplida como futuro ingeniero ambiental es buscar el equilibrio para un desarrollo sostenible, además, también cumpliendo con lo establecido por la guía de productos observables, cumpliendo el debido cuidado de acuerdo la Norma ISO 690 - II y al respeto de los autores citados, comprobándose mediante el programa anti plagio turnitin.

IV. RESULTADOS

ELABORACIÓN DE BIOCHAR

Tabla 1. Parámetros de elaboración de biochar con *Ormosia Coccinea*

Parámetros	Matriz de los valores para la elaboración de biochar
T° de secado (C°)	25
Temperatura de pirolisis (°C)	500
Tamaño de partícula (µm)	0.05

PRODUCTO

Material adsorbente

Elaboración propia

Como se muestra en la tabla 1, se secó la madera *Ormosia Coccinea* a temperatura ambiente previamente partidas en cuadrados pequeños para eliminar la humedad presente, posterior a ello se dejó secar por 24 horas; se realizó el proceso de pirolisis a una temperatura de 500°C y el proceso de molienda, en el cual mediante un mortero se trituraron los pedazos de madera, después pasaron por un tamizado de 0.05 µm.

PE1: Dosis óptima del material adsorbente que permitirá el mayor porcentaje de adsorción de Cd (II)

Se realizará 11 tratamientos con diferentes dosis del material adsorbente con intervalos de 0.0003 g/ml empezando por una dosis patrón.

Tabla 2. Porcentaje de remoción a una dosis de adsorbente *Ormosia Coccinea* de 0,0000 (g/ml)

Volumen de la muestra acuosa:	0,500 litros		
Concentración inicial de Cd (II):	4,749 mg/l	Concentración final de Cd (II):	4,749 mg/l

Porcentaje de remoción:	0,000 %
--------------------------------	---------

Elaboración propia

Tabla 3. Porcentaje de remoción a una dosis de adsorbente Ormosia Coccinea de 0,0003 (g/ml)

Volumen de la muestra acuosa:	0,500 litros		
Concentración inicial de Cd (II):	4,749 mg/l	Concentración final de Cd (II):	4,506 mg/l
Porcentaje de remoción:	5,116%		

Elaboración propia

Tabla 4. Porcentaje de remoción a una dosis de adsorbente Ormosia Coccinea de 0,0006 (g/ml)

Volumen de la muestra acuosa:	0,500 litros		
Concentración inicial de Cd (II):	4,749 mg/l	Concentración final de Cd (II):	4,243 mg/l
Porcentaje de remoción:	10,654 %		

Elaboración propia

Tabla 5. Porcentaje de remoción a una dosis de adsorbente Ormosia Coccinea de 0,0009 (g/ml)

Volumen de la muestra acuosa:	0,500 litros		
Concentración inicial de Cd (II):	4,749 mg/l	Concentración final de Cd (II):	3,527 mg/l
Porcentaje de remoción:	25,731 %		

Elaboración propia

Tabla 6. Porcentaje de remoción a una dosis de adsorbente Ormosia Coccinea de 0,0012 (g/ml)

Volumen de la muestra acuosa:	0,500 litros		
Concentración inicial de Cd (II):	4,749 mg/l	Concentración final de Cd (II):	2,062 mg/l
Porcentaje de remoción:	56,580 %		

Elaboración propia

Tabla 7. Porcentaje de remoción a una dosis de adsorbente Ormosia Coccinea de 0,0015 (g/ml)

Volumen de la muestra acuosa:	0,500 litros		
Concentración inicial de Cd (II):	4,749 mg/l	Concentración final de Cd (II):	0,950 mg/l
Porcentaje de remoción:	79,995 %		

Elaboración propia

Tabla 8. Porcentaje de remoción a una dosis de adsorbente Ormosia Coccinea de 0,0018 (g/ml)

Volumen de la muestra acuosa:	0,500 litros		
Concentración inicial de Cd (II):	4,749 mg/l	Concentración final de Cd (II):	0,632 mg/l
Porcentaje de remoción:	86,691 %		

Elaboración propia

Tabla 9. Porcentaje de remoción a una dosis de adsorbente Ormosia Coccinea de 0,0021 (g/ml)

Volumen de la muestra acuosa:	0,500 litros		
Concentración inicial de Cd (II):	4,749 mg/l	Concentración final de Cd (II):	0,372 mg/l
Porcentaje de remoción:	92,166%		

Elaboración propia

Tabla 10. Porcentaje de remoción a una dosis de adsorbente Ormosia Coccinea de 0,0024 (g/ml)

Volumen de la muestra acuosa:	0,500 litros		
Concentración inicial de Cd (II):	4,749 mg/l	Concentración final de Cd (II):	0,409 mg/l
Porcentaje de remoción:	91,387 %		

Elaboración propia

Tabla 11. Porcentaje de remoción a una dosis de adsorbente Ormosia Coccinea de 0,0027 (g/ml)

Volumen de la muestra acuosa:	0,500 litros		
Concentración inicial de Cd (II):	4,749 mg/l	Concentración final de Cd (II):	0,384 mg/l
Porcentaje de remoción:	91,914 %		

Elaboración propia

Tabla 12. Porcentaje de remoción a una dosis de adsorbente *Ormosia Coccinea* de 0,0030 (g/ml)

Volumen de la muestra acuosa:	0,500 litros		
Concentración inicial de Cd (II):	4,749 mg/l	Concentración final de Cd (II):	0,359 mg/l
Porcentaje de remoción:	92,440 %		

Elaboración propia

Ante las tablas 2,3,4,5,6,7,8,9,10,11 y 12 se puede demostrar que existe una relación entre la cantidad de adsorbente aplicado y el porcentaje de remoción obtenido, siendo que a mayor concentración del adsorbente natural *Ormosia Coccinea* será mayor la remoción de Cd (II) y menor la concentración final presente que se encontrará en el medio acuoso.

PE2: pH adecuado de la adsorción de Cd aplicando material adsorbente con *Ormosia Coccinea*

Para determinar de qué manera va a influir el valor pH en la adsorción de Cd (II) en medio acuoso al aplicar *Ormosia Coccinea* se realizarán 11 corridas, en las cuales se analizarán 11 valores de pH ácidos, 3.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5, 6, 6.5, 7, 6.5 con unas revoluciones por minuto de 400 RPM con un tiempo de 100 min.

Tabla 13: Porcentaje de remoción con un pH de 3.5 en la muestra patrón

Volumen de la muestra acuosa:	0,500 litros
Dosis de <i>Ormosia Coccinea</i>:	0.00 mg/l
Concentración inicial de Cd (II)	6,540 mg/l
Concentración final de Cd (II)	6,540 mg/l
Repeticiones	
Repetición 1	6,540

Repetición 2	6,540
Eficiencia de remoción:	00,000 %

Elaboración propia

Se muestra en la tabla 13 como la eficiencia de remoción es nula, al no presentar aditivos adición de materiales adsorbentes.

Tabla 14: Porcentaje de remoción con un pH de 3,0

Volumen de la muestra acuosa:	0,500 litros
Dosis de <i>Ormosia Coccinea</i>:	0.0020 mg/l
Concentración inicial de Cd (II):	6,540 mg/l
Concentración final de Cd (II):	5,922 mg/l
Repeticiones	
Repetición 1	5,872
Repetición 2	5,972
Eficiencia de remoción:	5,922

Elaboración propia

En la tabla 14, la eficiencia de remoción es ligeramente eficiente, mostrándose mediante el primer tratamiento y las dos réplicas un valor final de 5,922mg/l.

Tabla 15: Porcentaje de remoción con un pH de 3,5

Volumen de la muestra acuosa:	0,500 litros
Dosis de <i>Ormosia Coccinea</i>:	0.0020 mg/l
Concentración inicial de Cd (II):	6,540 mg/l
Concentración final de Cd (II):	1,995 mg/l
Repeticiones	

Repetición 1	1,945
Repetición 2	2,045
Eficiencia de remoción:	1,995

Elaboración propia

En la tabla 15, la eficiencia de remoción fue mayor, incrementando la remoción del Cd siendo la concentración final de 1,995g/ml.

Tabla 16: Porcentaje de remoción con un pH de 4

Volumen de la muestra acuosa:	0,500 litros
Dosis de <i>Ormosia Coccinea</i>:	0.0020 mg/l
Concentración inicial de Cd (II):	6,540 mg/l
Concentración final de Cd (II):	0,356 mg/l
Repeticiones	
Repetición 1	0,406
Repetición 2	0,306
Eficiencia de remoción:	0,356

Elaboración propia

En la tabla 16, con un Ph 4 la eficiencia de remoción continuó incrementando, reduciéndose la concentración inicial de Cd de un valor de 6,540 mg/l a un valor de 0,356mg/l.

Tabla 17: Porcentaje de remoción con un pH de 4,5

Volumen de la muestra acuosa:	0,500 litros
Dosis de <i>Ormosia Coccinea</i>:	0.0020 mg/l
Concentración inicial de Cd (II):	6,540 mg/l
Concentración final de Cd (II):	0,487 mg/l

Repeticiones	
Repetición 1	0,437
Repetición 2	0,537
Eficiencia de remoción:	0,487

Elaboración propia

En la tabla 17, con un pH de 4.5 la eficiencia de remoción sigue siendo alta, considerándose un valor final de 0,487.

Tabla 18: Porcentaje de remoción con un pH de 5

Volumen de la muestra acuosa:	0,500 litros
Dosis de <i>Ormosia Coccinea</i>:	0.0020 mg/l
Concentración inicial de Cd (II):	6,540 mg/l
Concentración final de Cd (II):	0,530 mg/l
Repeticiones	
Repetición 1	0,480
Repetición 2	0,580
Eficiencia de remoción:	0.530

Elaboración propia

En la tabla 18, la eficiencia de remoción continua alta, aunque se redujo ligeramente la eficiencia de remoción, incrementándose un poco el valor final al pH de 5 en comparación del pH 4.5.

Tabla 19: Porcentaje de remoción con un pH de 5,5

Volumen de la muestra acuosa:	0,500 litros
Dosis de <i>Ormosia Coccinea</i>:	0.0020 mg/l
Concentración inicial de Cd (II):	6,540 mg/l

Concentración final de Cd (II):	0,670 mg/l
Repeticiones	
Repetición 1	0.620
Repetición 2	0.710
Eficiencia de remoción:	0.666

Elaboración propia

En la tabla 19 la eficiencia de remoción disminuyó un poco, observando como con el pH 5,5 la eficiencia empieza a decrecer ligeramente, aunque se sigue manteniendo una eficiencia alta.

Tabla 20: Porcentaje de remoción con un pH de 6

Volumen de la muestra acuosa:	0,500 litros
Dosis de <i>Ormosia Coccinea</i>:	0.0020 mg/l
Concentración inicial de Cd (II):	6,540 mg/l
Concentración final de Cd (II):	0,659 mg/l
Repeticiones	
Repetición 1	0.639
Repetición 2	0.679
Eficiencia de remoción:	0.659

Elaboración propia

Tabla 21: Porcentaje de remoción con un pH de 6,5

Volumen de la muestra acuosa:	0,500 litros
Dosis de <i>Ormosia Coccinea</i>:	0.0020 mg/l
Concentración inicial de Cd (II):	6,540 mg/l
Concentración final de Cd (II):	0,368 mg/l

Repeticiones	
Repetición 1	0.408
Repetición 2	0.768
Eficiencia de remoción:	0.514

Elaboración propia

En la tabla 21, la eficiencia de remoción para un pH de 6,5 la remoción sigue siendo alta, aunque no presenta una eficiencia creciente.

Tabla 22: Porcentaje de remoción con un pH de 7

Volumen de la muestra acuosa:	0,500 litros
Dosis de <i>Ormosia Coccinea</i>:	0.0020 mg/l
Concentración inicial de Cd (II):	6,540 mg/l
Concentración final de Cd (II):	0,548 mg/l
Repeticiones	
Repetición 1	0.598
Repetición 2	0.508
Eficiencia de remoción:	0.538

Elaboración propia

En la tabla 22, la eficiencia de remoción se mantiene con un pH neutro.

Tabla 23: Porcentaje de remoción con un pH de 6,5

Volumen de la muestra acuosa:	0,500 litros
Dosis de <i>Ormosia Coccinea</i>:	0.0020 mg/l
Concentración inicial de Cd (II):	6,540 mg/l
Concentración final de Cd (II):	0,743 mg/l

Repeticiones	
Repetición 1	0,763
Repetición 2	0,543
Eficiencia de remoción:	0.683

Elaboración propia

En las tablas del 13 al 23 se puede demostrar que a un pH ácido entre 3,5 a 4,5 la eficiencia de remoción es mayor a los demás casos, mostrándose los mejores valores de remoción de ion metálico Cd, y aunque los valores a un pH de 5 a 6,5 siguieron siendo altas la eficiencia fue disminuyendo ligeramente.

PE3: Tratamientos con diferentes concentraciones de Cd para determinar la cinética de adsorción

En medio acuoso empleando *Ormosia Coccinea* como material adsorbente, se realizó los siguientes tratamientos mostrados en las tablas siguientes variando los valores de las concentraciones de Cd (II) en cada 2 mg/l, (2, 4, 6, 8, 10), determinando la adsorción, siendo algunos de los parámetros que se mantuvieron constantes el volumen de la muestra, dosis de adsorbente.

Datos que no variaron:

- Volumen de la muestra: 500 ml
- Dosis de adsorbente: 0,0020 por cada ml de solución
- Agitación: 300 RPM

Tabla 24: Cinética de adsorción a una concentración inicial de Cd de 2 mg/l

Tiempo				
10	20	30	40	60
Concentración inicial de Cd				
0.9838	0.9838	0.9838	0.9838	0.9838
Concentración final de Cd				

0.082	0.094	0.078	0.077	0.07
Porcentaje de adsorción				
91.6649	90.4452	92.0715	92.1732	92.8847

Elaboración propia

Tabla 25: Cinética de adsorción a una concentración inicial de Cd de 4 mg/l

Tiempo				
10	20	30	40	60
Concentración inicial de Cd				
1.954	1.954	1.954	1.954	1.954
Concentración final de Cd				
0.136	0.148	0.116	0.112	0.11
Porcentaje de adsorción				
93.0399	92.4257	94.0634	94.2681	94.3705

Elaboración propia

Tabla 26: Cinética de adsorción a una concentración inicial de Cd de 6 mg/l

Tiempo				
10	20	30	40	60
Concentración inicial de Cd				
3.667	3.667	3.667	3.667	3.667
Concentración final de Cd				
0.226	0.228	0.209	0.190	0.201
Porcentaje de adsorción				

93.8369	93.7823	94.3005	94.8186	94.5186
---------	---------	---------	---------	---------

Elaboración propia

Tabla 27: Cinética de adsorción a una concentración inicial de Cd de 8 mg/l

Tiempo				
10	20	30	40	60
Concentración inicial de Cd				
4.470	4.470	4.470	4.470	4.470
Concentración final de Cd				
0.272	0.283	0.238	0.234	0.218
Capacidad de adsorción				
93.9149	93.6689	94.6756	94.7651	95.1230

Elaboración propia

Tabla 28: Cinética de adsorción a una concentración inicial de Cd de 10 mg/l

Tiempo				
10	20	30	40	60
Concentración inicial de Cd				
5.650	5.650	5.650	5.650	5.650
Concentración final de Cd				
0.290	0.334	0.254	0.259	0.248
Capacidad de adsorción				
94.8672	94.0884	95.5044	95.4159	95.6106

Elaboración propia

Modelo cinético al que mejor se ajusta la adsorción de Cd (II)

De acuerdo a las tablas 29, 30 y 31 se estudia el modelo cinético pseudo primer orden, para determinar la relación existente de los valores experimentales con dicha cinética.

Tabla 29: Cantidad de adsorción en un tiempo establecido (q_t)

	q_t	q_t	q_t	q_t	q_t
	concentración				
Tiempo	2	4	6	8	10
10	0.082	0.136	0.226	0.272	0.29
20	0.094	0.148	0.228	0.283	0.334
30	0.078	0.116	0.209	0.238	0.254
40	0.077	0.112	0.19	0.234	0.259
60	0.07	0.11	0.201	0.218	0.248

Elaboración propia

En la tabla 29 se determinó el valor de la constante adsorbida en los tiempos de 10, 20, 30, 40 y 60 minutos.

Para determinar los valores de la capacidad de adsorción en el equilibrio (q_e) se realizó en la tabla 30 el promedio de la cantidad adsorbida respecto a la tabla 29.

Tabla 30: cantidad adsorbida en el equilibrio (q_e)

	Concentración				
	2	4	6	8	10
q_e	0.0802	0.1244	0.2108	0.249	0.277

Elaboración propia

Tabla 31: Determinación de la constante $\ln(q_e - q_t)$

Tiempo	Concentración				
o	2	4	6	8	10

	Ln(qe-qt)	Ln(qe-qt)	Ln(qe-qt)	Ln(qe-qt)	Ln(qe-qt)
10	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-
30	- 6.11929792	- 4.77952357	- 1.56542103	- 4.50986001	- 3.77226106
40	- 5.74460447	- 4.39005881	- 3.87280229	- 4.19970508	- 4.01738352
60	- 4.58536756	- 4.24052707	- 4.62537289	- 3.47376807	- 3.54045945

Elaboración propia

En la tabla 31 se determinó los valores del Ln(qe-qt) utilizando los datos de las tablas 30 y 31.

De acuerdo a los datos obtenidos se elaboró el gráfico para determinar la constante cinética K1, empleando para ello la relación del tiempo respecto al Ln(qe-qt).

Figura 2: Determinación de la constante cinética con la concentración de Cd de 2mg/l



Elaboración propia

En la figura 2 se muestra que la constante cinética con la concentración de Cd de 2mg/l respecto al tiempo demuestra una constante R^2 de 0.9906, lo que quiere decir que la ecuación se ajusta a la cinética primer orden.

Figura 3: Determinación de la constante cinética con la concentración de Cd de 4mg/l



Elaboración propia

En la figura 3, se muestra que la constante cinética con la concentración de Cd de 4mg/l respecto al tiempo demuestra una constante R^2 de 0.8173, lo que quiere decir que la ecuación se aleja a la cinética de primer orden.

Figura 4: Determinación de la constante cinética con la concentración de Cd de 6mg/l



Elaboración propia

En la figura 4, se muestra que la constante cinética con la concentración de Cd de 6mg/l respecto al tiempo demuestra una constante R^2 de 0.7905, lo que quiere decir que la ecuación se aleja a la cinética de primer orden.

Figura 5: Determinación de la constante cinética con la concentración de Cd de 8mg/l



Elaboración propia

En la figura 5, se muestra que la constante cinética con la concentración de Cd de 8mg/l respecto al tiempo demuestra una constante R^2 de 0.9986, lo que quiere decir que la ecuación se ajusta a la cinética de primer orden, ya que se acerca en gran medida a 1.

Figura 6: Determinación de la constante cinética con la concentración de Cd de 10mg/l



Elaboración propia

En la figura 6, se muestra que la constante cinética con la concentración de Cd de 10 mg/l respecto al tiempo demuestra una constante R^2 de 0.4127, lo que quiere decir que la ecuación se aleja de la cinética de primer orden.

En la tabla 32 se compara el valor del R^2 de los gráficos 2, 3, 4, 5 y 6 para determinar si se ajusta a la cinética de primer orden.

Tabla 32: Comparación del R^2

Concentración inicial de Cd	R^2
concentración de Cd de 2mg/l	0.9906
concentración de Cd de 4mg/l	0.8173
concentración de Cd de 6mg/l	0.7905
concentración de Cd de 8mg/l	0.9986
concentración de Cd de 10mg/l	0.4127

Elaboración propia

De acuerdo a las tablas 33 y 34 se estudia el modelo cinético pseudo segundo orden, para determinar la relación existente de los valores experimentales con dicha cinética.

Tabla 33: Determinación del valor qt

	qt	qt	qt	qt	qt
	concentración				
Tiempo	2	4	6	8	10
10	0.082	0.136	0.226	0.272	0.29
20	0.094	0.148	0.228	0.283	0.334
30	0.078	0.116	0.209	0.238	0.254
40	0.077	0.112	0.19	0.234	0.259
60	0.07	0.11	0.201	0.218	0.248

Elaboración propia

En la tabla 32 se determinó el valor de la constante adsorbida en los tiempos 10, 20, 30, 40 y 60 minutos.

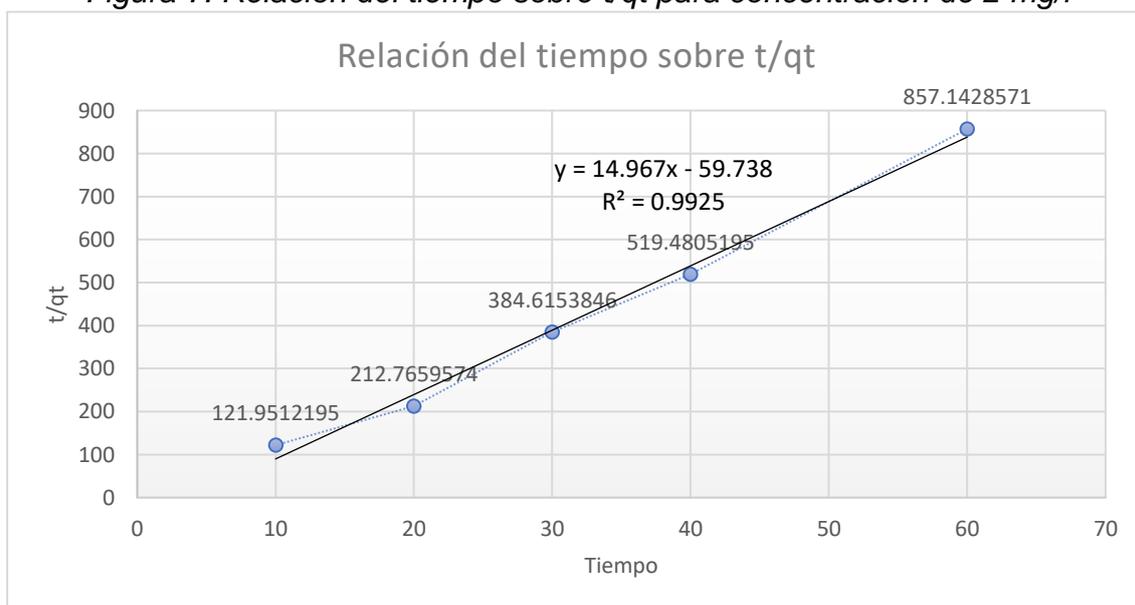
En la tabla 34 se determina el tiempo sobre la constante adsorbida t/q_t para hallar la constante cinética pseudo segundo orden.

Tabla 34: Determinación de t/q_t

	t/q_t	t/q_t	t/q_t	t/q_t	t/q_t
	concentración				
Tiempo	2	4	6	8	10
10	121.95122	73.5294118	44.2477876	36.7647059	34.4827586
20	212.765957	135.135135	87.7192982	70.6713781	59.8802395
30	384.615385	258.62069	143.54067	126.05042	118.110236
40	519.480519	357.142857	210.526316	170.940171	154.440154
60	857.142857	545.454545	298.507463	275.229358	241.935484

Elaboración propia

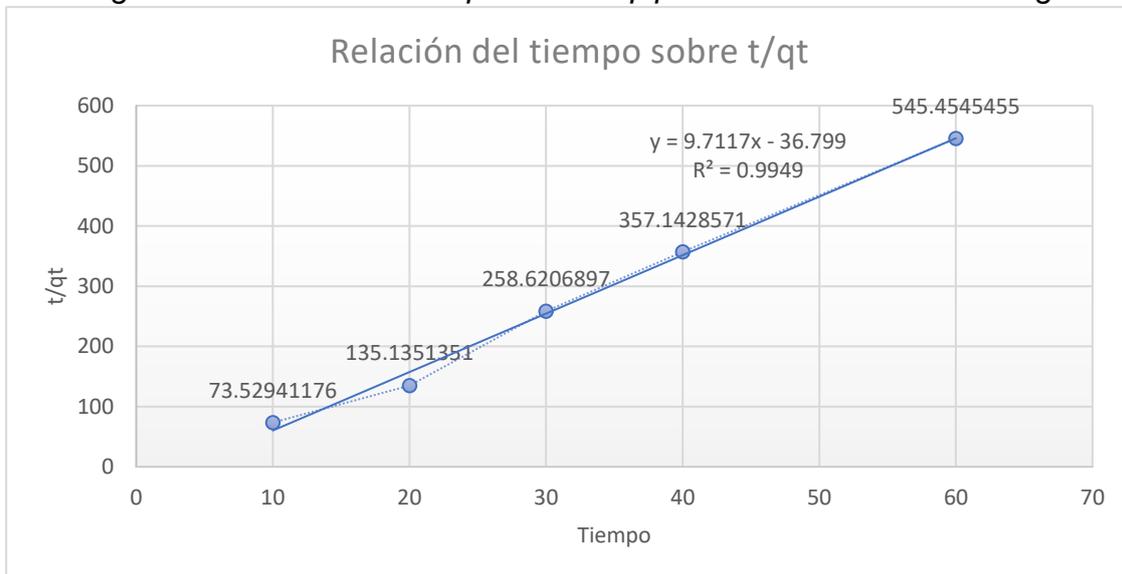
Figura 7: Relación del tiempo sobre t/q_t para concentración de 2 mg/l



Elaboración propia

En la figura 7, se muestra que la constante cinética con la concentración de Cd de 2mg/l respecto al tiempo demuestra una constante R^2 de 0.9925, lo que quiere decir que la ecuación si se ajusta a la cinética de segundo orden.

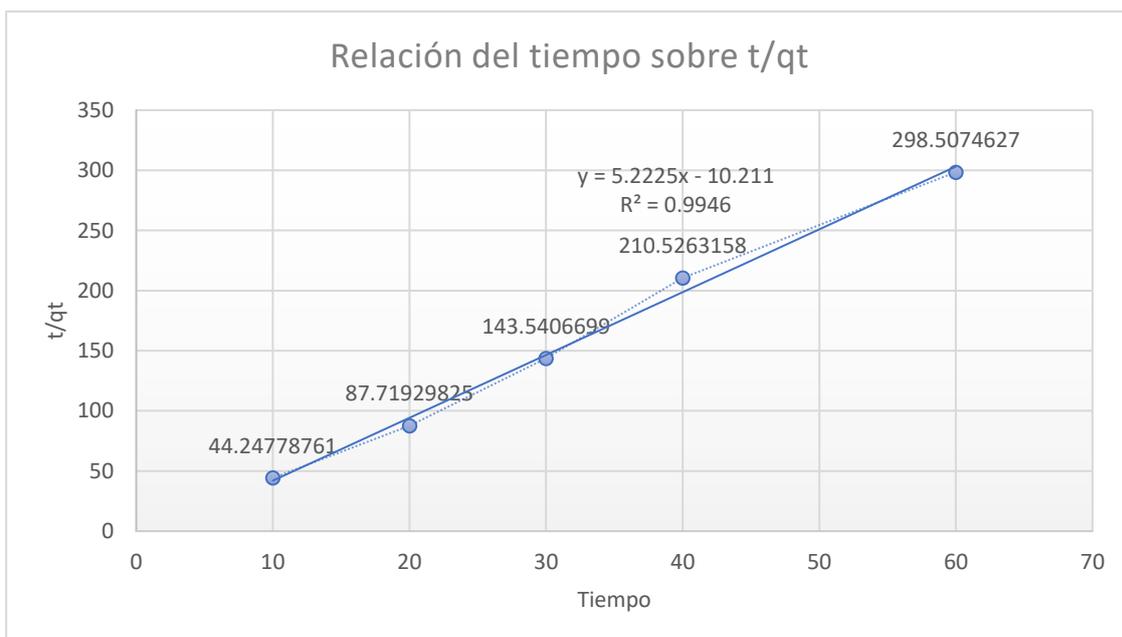
Figura 8: Relación del tiempo sobre t/qt para concentración de 4 mg/l



Elaboración propia

En la figura 8, se muestra que la constante cinética con la concentración de Cd de 4mg/l respecto al tiempo demuestra una constante R^2 de 0.9949, lo que quiere decir que la ecuación si se ajusta a la cinética de segundo orden.

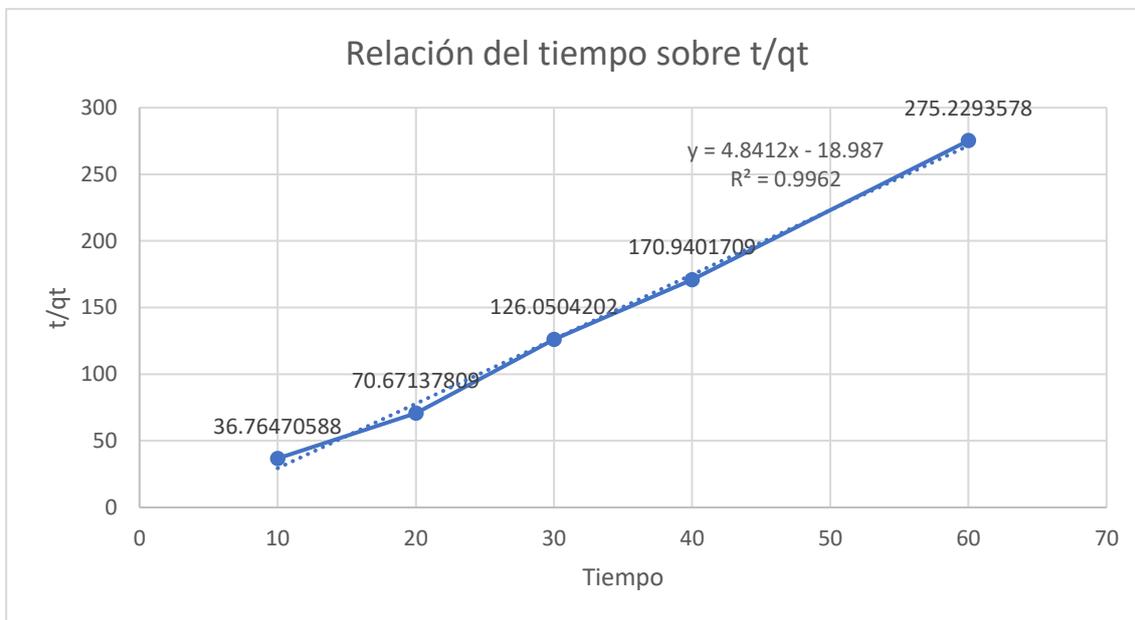
Figura 9: Relación del tiempo sobre t/qt para concentración de 6 mg/l



Elaboración propia

En la figura 9, se muestra que la constante cinética con la concentración de Cd de 6mg/l respecto al tiempo demuestra una constante R^2 de 0.9946, lo que quiere decir que la ecuación si se ajusta a la cinética de segundo orden.

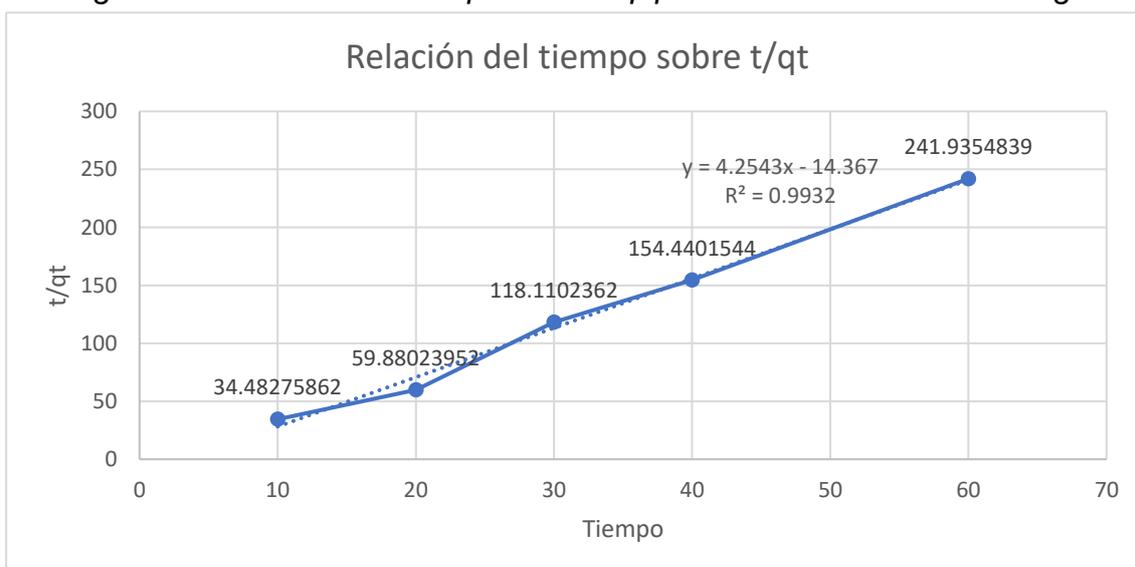
Figura 10: Relación del tiempo sobre t/qt para concentración de 8 mg/l



Elaboración propia

En la figura 10, se muestra que la constante cinética con la concentración de Cd de 8mg/l respecto al tiempo demuestra una constante R^2 de 0.9962, lo que quiere decir que la ecuación si se ajusta a la cinética de segundo orden.

Figura 11: Relación del tiempo sobre t/qt para concentración de 10 mg/l



Elaboración propia

En la figura 11, se muestra que la constante cinética con la concentración de Cd de 10mg/l respecto al tiempo demuestra una constante R^2 de 0.9932, lo que quiere decir que la ecuación si se ajusta a la cinética de segundo orden.

En la tabla 35 se compara el valor del R^2 de los gráficos 7, 8, 9, 10 y 11 para determinar si se ajusta a la cinética de segundo orden.

Tabla 35: Comparación del R^2

Concentración inicial de Cd	R^2
concentración de Cd de 2mg/l	0.9925
concentración de Cd de 4mg/l	0.9949
concentración de Cd de 6mg/l	0.9946
concentración de Cd de 8mg/l	0.9962
concentración de Cd de 10mg/l	0.9932

Elaboración propia

Como se puede apreciar entre la tabla 32 y 35 los resultados del presente trabajo se ajustaron a la cinética del pseudo segundo orden; mostrándose mediante los valores del R^2 de la cinética de segundo orden en la tabla 35; donde todos los valores del R^2 son los que más se acercan a 1; a diferencia de los valores de la cinética de primer orden.

Resultados de los datos estadísticos de acuerdo a los objetivos:

PE1: Dosis óptima del material adsorbente que permitirá el mayor porcentaje de adsorción de Cd (II)

En la tabla 36 se detalla el porcentaje de remoción de acuerdo a la dosis mediante el algoritmo de Cluster

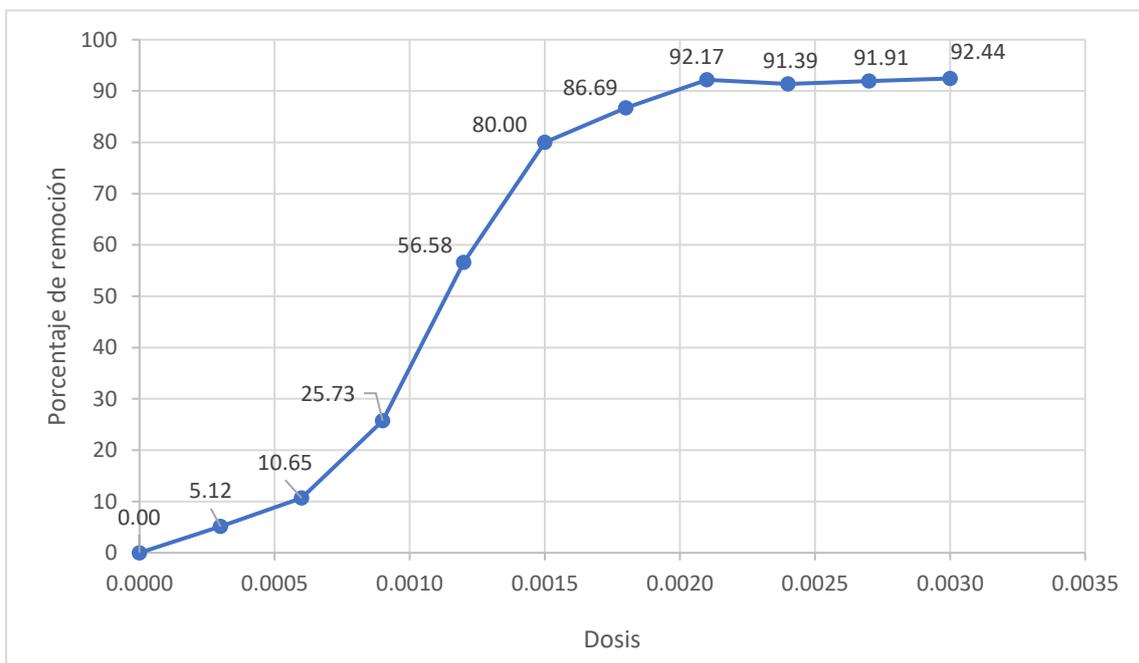
Tabla 36: Clasificación de la dosis según porcentaje de adsorción de Cd mediante algoritmo Cluster

Dosis	Remoción	Cluster
0.0000	0.00%	1

0.0003	5.12%	1
0.0006	10.65%	1
0.0009	25.73%	1
0.0012	56.58%	2
0.0015	80.00%	2
0.0018	86.69%	2
0.0021	92.17%	2
0.0024	91.39%	2
0.0027	91.91%	2
0.0030	92.44%	2

Mediante la técnica de Clúster en la tabla 36 se identificaron dos grupos, el clúster 1 con las dosis 0.0000, 0.0003, 0.0006 y 0.0009. El clúster 2 conformado por las dosis 0.0012, 0.0015, 0.0018, 0.0021, 0.0024, 0.0027 y 0.0030.

Figura 12: Porcentaje de remoción respecto a la dosis



De acuerdo a la dosis el mayor promedio de remoción que se obtiene es del 90 al 92% con una dosis mayor al 0.0020.

En la tabla 37 se detalla la prueba ANOVA para comparar los Clúster identificados

Tabla 37: Prueba ANOVA para comparar los Clúster identificados

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	13968,794	1	13968,794	89,805	,000
Dentro de grupos	1399,918	9	155,546	-	-
Total	15368,712	10	-	-	-

PE2: pH adecuado de la adsorción de Cd aplicando material adsorbente con *Ormosia Coccinea*

Ho: El nivel de remoción promedio es el mismo para los diferentes niveles de PH

H1: El nivel de remoción promedio no es el mismo para los diferentes niveles de PH

Tabla 38: Prueba ANOVA para comparar el porcentaje de remoción de Cd según nivel de PH

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	2,018	8	,252	7,778	,000
Dentro de grupos	,486	15	,032	-	-
Total	2,504	23	-	-	-

Como Sig = 0.000 menor que 0.05 se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, se puede afirmar que el nivel de remoción promedio no es el mismo para los diferentes niveles de PH.

En la tabla 39 se detalla la Prueba de Tukey para comparar porcentaje medio de remoción de Cd según nivel de PH

Tabla 39: Prueba de Tukey

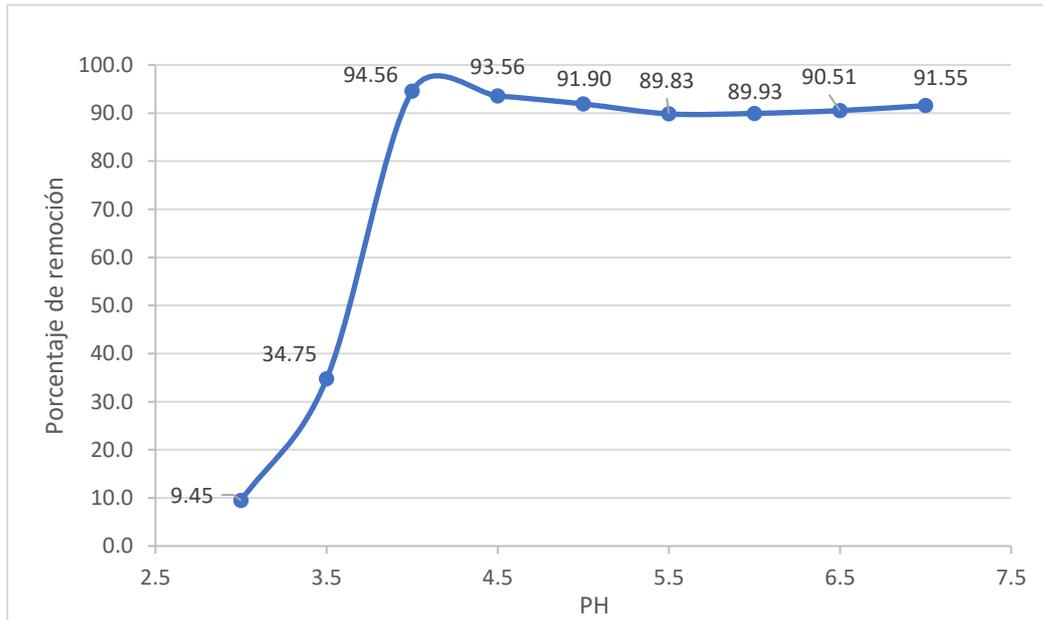
PH	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
3,00	2	,0945000	-

3,50	4	,3474750	-
5,50	2	-	,8983000
6,00	2	-	,8992500
6,50	4	-	,9051250
7,00	2	-	,9154500
5,00	2	-	,9189500
4,50	4	-	,9355500
4,00	2	-	,9455500

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Bajo la prueba de Tukey (ajustada a diferentes tamaños de muestra) se puede comprobar los porcentajes de remoción son más altos para valores de PH entre 4 a 7, este resultado es validado con el resultado observado en la figura 13.

Figura 13: Porcentaje medio de remoción de Cd según nivel de PH



PE3: Tratamientos con diferentes concentraciones de Cd para determinar la cinética de adsorción

Tabla 40: Porcentaje de absorción de Cd según nivel de dosis

2 mg/l	4 mg/l	6 mg/l	8 mg/l	10 mg/l
--------	--------	--------	--------	---------

91.6650	93.0399	93.8369	93.9150	94.8673
90.4452	92.4258	93.7824	93.6689	94.0885
92.0716	94.0635	94.3005	94.6756	95.5044
92.1732	94.2682	94.8187	94.7651	95.4159
92.8847	94.3705	94.5187	95.1230	95.6106

Tabla 41: Prueba ANOVA para comparar nivel de absorción según nivel de dosis

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	30.540	4	7.635	15.179	.000
Dentro de grupos	10.060	20	.503	-	-
Total	40.599	24	-	-	-

Sobre la base de la prueba ANOVA y al 95% de confianza se concluye que la capacidad de adsorción promedio no es la misma en al menos uno de los niveles analizados (2 mg/l, 4 mg/l, 6 mg/l, 8 mg/l y 10 mg/l).

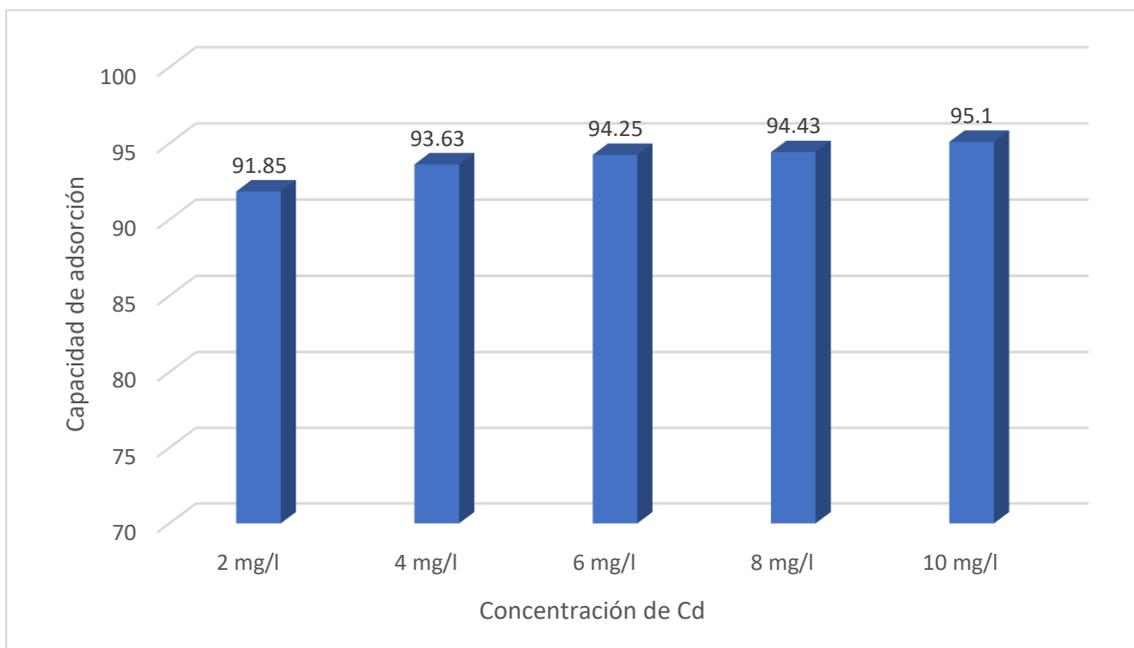
Tabla 42: Prueba de Tukey para comparar porcentaje medio de remoción

Concentración inicial de Cd	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
2 mg/l	5	91.85	-	-
4 mg/l	5	-	93.63	-
6 mg/l	5	-	94.25	94.25
8 mg/l	5	-	94.43	94.43
10 mg/l	5	-	-	95.10
Sig.	-	1.000	.415	.356

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 5.000.

Al 95% de confianza y mediante la prueba de Tukey se determinó que las concentraciones de 6 mg/l, 8mg/l y 10 mg/l maximizan la capacidad de adsorción

Figura 14: Capacidad de adsorción de acuerdo a la concentración de Cd



De acuerdo a la figura 14 la capacidad de adsorción incrementa con concentraciones de 6 mg/l, 8mg/l y 10 mg/l.

V. DISCUSIÓN

De acuerdo al objetivo específico 1, sobre la dosis óptima del material adsorbente que permitirá el mayor porcentaje de adsorción de Cd (II), se pudo demostrar que existe una relación entre la cantidad de adsorbente aplicado y el porcentaje de remoción obtenido, siendo que a mayor concentración del adsorbente natural *Ormosia Coccinea* será mayor la remoción de Cd (II) y menor la concentración final presente que se encontrará en el medio acuoso.

Ello es también respaldado por Ji Yining et al., (2022, p.1); quien afirma en su trabajo que la madera como material adsorbente presenta capacidades altas de adsorción para Cd, debido a que este material es un adsorbente novedoso, rentable y potente que tiene el potencial de emplearse para eliminar los contaminantes Cd 2+ y Pb 2+ de los medios ambientales.

Ello es también corroborado por el estudio de Adegoke K. et al., (2022, p.1); el cual estudió el destino de los materiales basados en biomasa de aserrín como material adsorbente para la eliminación por adsorción de contaminantes orgánicos/inorgánicos y La capacidad de adsorción de diferentes adsorbentes a base de aserrín osciló entre 10 y 667,9 mg/g eliminación de 69,44–372 mg/g para eliminación de pesticidas, herbicidas y agroquímicos, 3,42–526,3 mg/g para eliminación de colorantes) y 2,87–325 mg/g (para eliminación de metales pesados).

Así también, lo corrobora Hossain N. et al., (2020, p.9); en su trabajo, también afirma que el rendimiento del método de adsorción depende en gran medida de la dosis de adsorbente, la concentración inicial de colorante, el pH y la duración del contacto.

Además, Ke Yuxin et al., (2023, p.1); encontrado en las bases teóricas del estudio menciona que un factor importante para obtener eficientes resultados en la adsorción de iones metálicos es el proceso de pirolisis, siendo que en su trabajo el biocarbón producido a 500 °C tuvo el mayor porcentaje de Cd(II) no biodisponible (67,23% del BC500, 59,17% del envejecido-500), haciéndolo más prometedor para la inmovilización de Cd(II) cuando se compara con el biocarbón

producido a 300 y 700 °C. Respaldo con ello los resultados del presente trabajo en el cual se utilizó un proceso de pirólisis de 500 °C.

De acuerdo al objetivo específico 2, a un pH ácido a neutro entre 3,5 a 6,5 y la eficiencia de remoción es mayor a los demás casos, mostrándose los mejores valores de remoción de ion metálico Cd, y aunque los valores a un pH de 5 a 6,5 siguieron siendo altas la eficiencia fue disminuyendo ligeramente.

Siendo así como se demuestra que en un medio ácido a neutro el valor de pH es óptimo para la remoción del Cd en medio acuoso. Bajo la prueba de Tukey (ajustada a diferentes tamaños de muestra) se puede comprobar los porcentajes de remoción son más altos para valores de PH entre 4 a 7, este resultado es validado con el resultado observado en la figura 13.

Pero, en el estudio de Sun Lijian et al., (2022, p.1); donde se describieron las características y la composición del biocarbón puro y modificado tras la modificación, el biocarbón presentaba un pH y una concentración de cenizas notablemente superiores y afirmó después de obtener sus resultados que el valor del pH elevado reducía la cantidad de Cd biodisponible en el suelo; siendo comprobado ello eficiente para el uso seguro de suelos agrícolas contaminados con Cd, más no para medio hídrico.

Es así como se menciona también en el estudio de Chen M. et al., (2021, p.7), donde señalan que a un pH que baja de 7 a 6.5 a un medio más ácido la remoción para el Cd es mayor; ello debido a la menor alcalinidad que se presenta en el medio.

Así mismo, presentando respaldo a lo obtenido Chuquilín G. et al., (2016, p.1); en su trabajo de investigación, demuestra que existe la capacidad de biosorción demostró estar directamente correlacionada con el pH, donde afirma que un pH ácido (3 a 5) presenta los mayores porcentajes de remoción.

De acuerdo al objetivo específico 3, el modelo cinético al que mejor se ajusta la adsorción de Cd (II) empleando *Ormosia Coccinea* como material adsorbente; en los resultados del presente trabajo se ajustaron a la cinética del pseudo segundo orden; mostrándose mediante los valores del R² de la cinética de

segundo orden en la tabla 35; donde todos los valores del R^2 son los que más se acercan a 1; a diferencia de los valores de la cinética de primer orden.

Siendo que en el presente trabajo el modelo cinético pseudo segundo orden resultó ser el más adecuado, ajustándose mejor a los datos experimentales; el estudio de Pelalak Rasool et al., (2021, p.1); apoya los resultados obtenidos; demostrando mediante sus resultados que el modelo cinético de la ecuación pseudo-segundo orden con un alto coeficiente de regresión (99,67%) proporcionaba un buen ajuste para el mecanismo del proceso de adsorción de Pb(II) y Cd(II).

En los valores del r^2 para la cinética de primer orden no se acercan a 1 como en el de segundo orden, siendo los valores de la tabla 32 para una concentración de Cd de 2mg/l de 0.9906, para 4mg/l a 0.8173, para 6 mg/l a un valor de 0.7905, para 8 mg/l a un valor de 0.9986, para 10 mg/l a un valor de 0.4127; mientras que para la cinética de segundo orden los valores fueron de 0.9925 para una concentración de Cd de 2mg/l, de 0.9949 para una concentración de Cd de 4mg/l, de 0.9946 para una concentración de Cd de 6mg/l, de 0.9962 para una concentración de Cd de 8mg/l y de 0.9932 para una concentración de Cd de 10mg/l; demostrando como los R^2 que más se acercan a 1 son los de primer orden.

Aunque ello es ciertamente opuesto a los resultados de Asuquo Edidionng et al., (2017, p.1), quien menciona que la modelización de la cinética de sorción, la sorción de iones Pb (II) se explicó mejor por el modelo de pseudo primer orden (PFO) que la de Cd(II), mientras que lo contrario se observó para el modelo de pseudo segundo orden (PSO).

Ello es debido a que, los análisis de trabajos publicados en las últimas dos décadas indicaron que el pseudosegundo orden se considera el modelo superior, ya que puede representar muchos sistemas de adsorción (Revellame E. et al., 2020, p.1). Sin embargo, un examen crítico de las técnicas y prácticas de modelización revela que su supremacía puede deberse a las normas de modelización actualmente aceptables, que favorecen el modelo de pseudo-segundo orden. (Ezzati R., 2020, p.4).

Ello es también respaldado por lo expuesto en el estudio de Simonin J., 2016, p.2), quien menciona que la mayoría de las publicaciones sobre cinética de adsorción de líquidos/sólidos en la literatura actual comparan la capacidad de la cinética de pseudo-primero orden y de pseudo-segundo orden para describir los datos; siendo demostrado en prácticamente todas las circunstancias, se demuestra que la segunda es superior a la primera.

Bujdak J., (2020, p.3); menciona que es debido a que a cinética de reacción de pseudo-segundo orden ofrece la mejor correlación de los datos experimentales para todos los sistemas investigados. Así, tras la aparición de múltiples publicaciones, la K2 ha ganado popularidad, ya que la superioridad de la K2 sobre la K1 ha quedado establecida en la gran mayoría de los estudios en los que se han realizado comparaciones (Saha D. y Grappe H., 2017).

VI. CONCLUSIONES

- Se demuestra que la *Ormosia Coccinea* como material adsorbente es eficiente, además de rentable y potente para eliminar el Cd de un medio acuoso; demostrando en los siguientes puntos como dicho material en forma de biochar puede aliviar eficazmente la contaminación por Cd en medio acuoso.
- La dosis óptima del material adsorbente que permite el mayor porcentaje de adsorción de Cd (II) son de 0,0012 (g/ml), de 0,0015 (g/ml), de 0,0018 (g/ml), de 0,0021 (g/ml), de 0,0024 (g/ml), de 0,0027 (g/ml) y de 0,0030 (g/ml); concluyendo que a mayor dosis de adsorbente es mayor el porcentaje de remoción existiendo una relación directa.
- El pH adecuado de la adsorción de Cd aplicando material adsorbente con *Ormosia Coccinea* es en medio ácido a neutro, presentándose las mayores eficiencias de remoción a pH de 3,5 a 6,5 por las interacciones iónicas que se logran en ese medio.
- El modelo cinético al que mejor se ajusta la adsorción de Cd (II) empleando *Ormosia Coccinea* como material adsorbente fue el modelo cinético de segundo orden, donde todos los valores del R² son los que más se acercan a 1; a diferencia de los valores de la cinética de primer orden y demostrando así que el modelo cinético pseudo segundo orden resultó ser el más adecuado, ajustándose mejor a los datos experimentales.

VII. RECOMENDACIONES

- Para incrementar la eficiencia de adsorción de los materiales adsorbentes para el Cd o algún otro metal pesado presente en medio acuoso se realizan las siguientes sugerencias a los futuros investigadores:
- Se recomienda a los futuros tesisistas adicionar nanocompuestos a base de la madera *Ormosia Coccinea* como material adsorbente para incrementar la eficiencia de la adsorción de los iones metálicos como el Cd en medios acuáticos.
- Debido que el pH ideal varía en función del sistema de bioadsorción estudiado, del metal, del bioadsorbente y de la composición de la solución que contiene el metal, se sugiere realizar estudios con la comparación de la adsorción en agua y suelo contaminado.
- También se recomienda estudiar la adsorción de otros iones metálicos u otros contaminantes con *Ormosia Coccinea* como material adsorbente, ya que se comprobó su eficiencia en medio acuoso para la adsorción del Cd.
- Se recomienda aplicar estudios como el realizado a escala piloto y posterior a ello a escala industrial con el fin de analizar su viabilidad en aguas industriales.

REFERENCIAS

1. ABDELLAOUI, Youness, et al. Comparison of the divalent heavy metals (Pb, Cu and Cd) adsorption behavior by montmorillonite-KSF and their calcium-and sodium-forms. *Superlattices and Microstructures*, 2019, vol. 127, p. 165-175.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.spmi.2017.11.061>
2. ADEGOKE, Kayode Adesina, et al. Sawdust-biomass based materials for sequestration of organic and inorganic pollutants and potential for engineering applications. *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*, 2022, vol. 5, p. 100274.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.crgsc.2022.100274>
3. ASUQUO, Edidiong, et al. Adsorption of Cd (II) and Pb (II) ions from aqueous solutions using mesoporous activated carbon adsorbent: Equilibrium, kinetics and characterisation studies. *Journal of environmental chemical engineering*, 2017, vol. 5, no 1, p. 679-698.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2016.12.043>
4. ATANGANA, Ernestine. Adsorption of Zn (II) and Pb (II) ions from aqueous solution using chitosan cross-linked formaldehyde adsorbent to protect the environment. *Journal of Polymers and the Environment*, 2019, vol. 27, p. 2281-2291.
Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10924-019-01523-x>
5. BARSBAY, Murat, et al. Porous cellulosic adsorbent for the removal of Cd (II), Pb (II) and Cu (II) ions from aqueous media. *Radiation Physics and Chemistry*, 2018, vol. 142, p. 70-76.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2017.03.037>
6. BÄRNIGHAUSEN, Till, et al. Quasi-experimental study designs series—paper 4: uses and value. *Journal of clinical epidemiology*, 2017, vol. 89, p. 21-29.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2017.03.012>

7. BUJDÁK, Juraj. Adsorption kinetics models in clay systems. The critical analysis of pseudo-second order mechanism. *Applied Clay Science*, 2020, vol. 191, p. 105630.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.clay.2020.105630>
8. CHEN, Mei, et al. Effects of acid modification on the structure and adsorption NH₄⁺-N properties of biochar. *Renewable Energy*, 2021, vol. 169, p. 1343-1350.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.01.098>
9. CHUQUILÍN GOICOCHEA, Roberto Carlos; ROSALES LAGUNA, Dyana Daysi. STUDY OF THE BIOSORPTION OF Cd (II) AND Pb (II) USING AS ADSORBENT *Nostoc sphaericum* Vaucher.

Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v82n1/a06v82n1.pdf>
10. COTRUVUO, Joseph A.; REGELSKI, Marlene. National primary drinking water regulations for volatile organic chemicals. En *Safe Drinking Water Act*. CRC Press, 2017. p. 29-34.
ISBN: 9780203710432
11. EZZATI, Rohollah. Derivation of pseudo-first-order, pseudo-second-order and modified pseudo-first-order rate equations from Langmuir and Freundlich isotherms for adsorption. *Chemical Engineering Journal*, 2020, vol. 392, p. 123705.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2019.123705>
12. HASHEM, A., et al. Non-linear adsorption characteristics of modified pine wood sawdust optimised for adsorption of Cd (II) from aqueous systems. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2020, vol. 8, no 4, p. 103966.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.103966>
13. HAYAT, Malik Tahir, et al. Environmental hazards of cadmium: past, present, and future. En *Cadmium toxicity and tolerance in plants*. Academic Press, 2019. p. 163-183.

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814864-8.00007-3>

14. HE, Mingjiang, et al. Monitoreo regional de diez años de la contaminación del grano de arroz del suelo por metales pesados con implicaciones para la remediación objetivo y la seguridad alimentaria. *Contaminación ambiental*, 2019, vol. 244, pág. 431-439.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.10.070>
15. HOSSAIN, Nazia, et al. Waste materials for wastewater treatment and waste adsorbents for biofuel and cement supplement applications: a critical review. *Journal of Cleaner Production*, 2020, vol. 255, p. 120261.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120261>
16. HU, Haidong; XU, Ke. Physicochemical technologies for HRP and risk control. En *High-risk pollutants in wastewater*. Elsevier, 2020. p. 169-207.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816448-8.00008-3>
17. HU, Yi-bo, et al. Insights into the mechanisms of aqueous Cd (II) reduction and adsorption by nanoscale zerovalent iron under different atmosphere conditions. *Journal of Hazardous Materials*, 2022, vol. 440, p. 129766.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2022.129766>
18. JI, Yining, et al. The effect of carbonization temperature on the capacity and mechanisms of Cd (II)-Pb (II) mix-ions adsorption by wood ear mushroom sticks derived biochar. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2022, vol. 239, p. 113646.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2022.113646>
19. JIANG, Yan-Hong, et al. Characteristics of nitrogen and phosphorus adsorption by Mg-loaded biochar from different feedstocks. *Bioresource Technology*, 2019, vol. 276, p. 183-189.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.12.079>
20. KAUR, Balpreet; KALRA, Pankaj; KAUR, Navneet. Prosopis Juliflora (Kikar) pods as adsorbent for removal of Cd (II) ions from aqueous streams. *Materials Today: Proceedings*, 2022, vol. 68, p. 809-816.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.06.177>

21. KE, Yuxin, et al. Effect of combined aging treatment on biochar adsorption and speciation distribution for Cd (II). *Science of The Total Environment*, 2023, p. 161593.

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.161593>[Get rights and content](#)

22. LYU, Peng, et al. Pre-magnetic bamboo biochar cross-linked CaMgAl layered double-hydroxide composite: High-efficiency removal of As (III) and Cd (II) from aqueous solutions and insight into the mechanism of simultaneous purification. *Science of The Total Environment*, 2022, vol. 823, p. 153743.

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153743>

23. MAHMOOD, Qaisar, et al. Cadmium contamination in water and soil. En *Cadmium toxicity and tolerance in plants*. Academic Press, 2019. p. 141-161.

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814864-8.00006-1>

24. 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, p. 101865.

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2022.10186>

25. OFUDJE, Edwin Andrew, et al. Adsorption of Cd²⁺ onto apatite surface: Equilibrium, kinetics and thermodynamic studies. *Heliyon*, 2023, p. e12971.

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e12971>

26. OGATA, Fumihiko, et al. Assessment of Cd (II) adsorption capability and mechanism from aqueous phase using virgin and calcined lignin. *Heliyon*, 2020, vol. 6, no 6, p. e04298.

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04298>

27. PELALAK, Rasool, et al. Oak wood ash/GO/Fe₃O₄ adsorption efficiencies for cadmium and lead removal from aqueous solution: Kinetics, equilibrium and thermodynamic evaluation. *Arabian Journal of Chemistry*, 2021, vol. 14, no 3, p. 102991.

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2021.102991>

28. POURHAKKAK, Poursan, et al. Fundamentals of adsorption technology. En *Interface Science and Technology*. Elsevier, 2021. p. 1-70.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818805-7.00001-1>
29. PRASANNAKUMARAN, K. M., et al. Nanopowdered biochar materials as a selective coating in solar flat plate collectors. En *Nanomaterials*. Academic Press, 2021. p. 663-676.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822401-4.00016-7>
30. REVELLAME, Emmanuel D., et al. Adsorption kinetic modeling using pseudo-first order and pseudo-second order rate laws: A review. *Cleaner Engineering and Technology*, 2020, vol. 1, p. 100032.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.clet.2020.100032>
31. SAHA, D.; GRAPPE, H. A. Adsorption properties of activated carbon fibers. En *Activated Carbon Fiber and Textiles*. Woodhead Publishing, 2017. p. 143-165.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100660-3.00005-5>
32. SIMONIN, Jean-Pierre. On the comparison of pseudo-first order and pseudo-second order rate laws in the modeling of adsorption kinetics. *Chemical Engineering Journal*, 2016, vol. 300, p. 254-263.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2016.04.079>
33. ŠOLIĆ, Marko, et al. Removing low levels of Cd (II) and Pb (II) by adsorption on two types of oxidized multiwalled carbon nanotubes. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2021, vol. 9, no 4, p. 105402.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.105402>
34. SUN, Lijuan, et al. Modified chicken manure biochar enhanced the adsorption for Cd²⁺ in aqueous and immobilization of Cd in contaminated agricultural soil. *Science of The Total Environment*, 2022, vol. 851, p. 158252.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158252>
35. TANG, Bentian, et al. Removal of aqueous Cd (II) and Ni (II) by aminopyridine functionalized magnetic Fe₃O₄ nanocomposites. *Journal of Molecular Liquids*, 2021, vol. 331, p. 115780.

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2021.115780>

36. VAN, Huu Tap, et al. Characteristics and mechanisms of cadmium adsorption onto biogenic aragonite shells-derived biosorbent: Batch and column studies. *Journal of environmental management*, 2019, vol. 241, p. 535-548.

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.09.079>

37. Vitthal S. Kulkarni Ph.D., Charles Shaw Ph.D. Chapter 11 - Miscellaneous Physical, Chemical, and Microbiological Test Methods. *Essential Chemistry for Formulators of Semisolid and Liquid Dosages*. 2016, Pages 193-221.

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801024-2.00011-X>

38. WANG, Lu, et al. Performance and mechanisms for remediation of Cd (II) and As (III) co-contamination by magnetic biochar-microbe biochemical composite: Competition and synergy effects. *Science of the Total Environment*, 2021, vol. 750, p. 141672.

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141672>

39. XIE, Xinling, et al. Polyethyleneimine modified activated carbon for adsorption of Cd (II) in aqueous solution. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2019, vol. 7, no 3, p. 103183.

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2019.103183>

40. YUAN, Hanmeng, et al. Fluorescent wood with non-cytotoxicity for effective adsorption and sensitive detection of heavy metals. *Journal of Hazardous Materials*, 2021, vol. 416, p. 126166.

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126166>

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
Variable independiente	El material adsorbente es aquel que va a adsorber al contaminantes o moléculas de contaminante presentes en la parte superior externa del adsorbente o denominado adsorbato (Pourhakkak P. et al., 2021, p.1). Además, es la manera o fenómeno en la que se puede realizar una sorción ya sea de un contaminante encontrado en forma de gases o solutos encontrados en la superficie de material ya sea líquido o gas (Hu H. y Xu K., 2020, p.169).	El <i>Ormosia Coccinea</i> será utilizado como material adsorbente del Cd (II), ante ello se realizará el proceso de pirolisis a diferentes temperaturas y con diferentes tamaños de partículas en el tamizado para obtener diferentes productos finales y evaluar cuál es el más indicado para la adsorción eficiente del Cd (II) en medio acuoso.	Concentración de la solución acuosa de Cd (II)	1	mg/l
				2	
<i>Ormosia Coccinea</i> como material adsorbente				4	
				5	
				6	
			Tiempo de contacto	80	minutos
Variable dependiente	La cinética de adsorción, que se utiliza para cuantificar la difusión del	Se realizará mediante diversos ensayos en los que se variará	Capacidad de adsorción	Dosis del adsorbente	mg/l

<p>Cinética de adsorción de cd (II) en Medio Acuoso</p>	<p>adsorbato en los poros, es la medida de la absorción de adsorción con respecto al tiempo a una presión o concentración constante (Saha D. y Grappe H., 2017, p.1).</p>	<p>las concentraciones y el tiempo de contacto y estos resultados son los que permitirán obtener la información de la capacidad de adsorción.</p>		<p>pH</p>	<p>-</p>
---	---	---	--	-----------	----------

SOLICITUD: Validación de instrumento de recolección de datos.

Dr. SERNAQUE AUCCAHUASI, FERNANDO ANTONIO

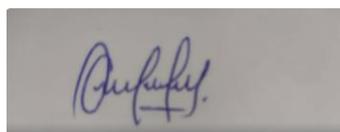
Yo PACHECO ASECIO, PEDRO FELIX con DNI N° 43084340 y PEREZ GONZALEZ, DIEGO FRANCISCO DNI N° 72500332, alumnos de la Universidad Cesar Vallejo de Ingeniería Ambiental, asesorado por el ingeniero GRIJALVA ARONI, PERCY LUIS, me dirijo a usted con el debido respeto me presento y le manifiesto:

Que siendo requisito indispensable el recojo de datos necesarios para la tesis que vengo elaborando titulada: **“Evaluación de la Cinética de Adsorción de Cd (II) en Medio Acuoso empleando *Ormosia Coccinea* como Material Adsorbente, Lima 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.



.....
Pacheco Asencio, Pedro Felix

DNI: 43084340



.....
Perez Gonzalez, Diego Francisco

DNI: 72500332

Lima, 23 de junio del 2023

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres:** Dr. Sernaque Auccahuasi, Fernando Antonio
1.2. Cargo e institución donde labora: Docente / UCV Lima Este
1.3. Especialidad o línea de investigación: Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático
1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Parámetros de elaboración de biochar con Ormosia Coccinea
Autor(A) de Instrumento: Pacheco Asencio, Pedro Felix y Perez Gonzalez, Diego Francisco

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMA-MENTE 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

85
85

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

85



Lima, 23 de junio de 2023

 Sernaqué Auccahuasi, Fernando Antonio
 CIP 152797

Ficha 1: Parámetros de elaboración de biochar con *Ormosia Coccinea*

Título del proyecto	Evaluación de la Cinética de Adsorción de Cd (II) en Medio Acuoso empleando <i>Ormosia Coccinea</i> como Material Adsorbente, Lima 2023	
Responsables	Pacheco Asencio, Pedro Felix y Perez Gonzalez, Diego Francisco	
Asesor	Dr. GRIJALVA ARONI, PERCY LUIS	
Línea de investigación	Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático	
Lugar	Lima	
Fecha	23/06/2023	
Muestra	Valores	indicadores
T° de secado		°C
Temperatura de pirolisis		(°C)
Tamaño de partícula		(µm)

Ficha 2: Proceso de adsorción												
Título del proyecto	Evaluación de la Cinética de Adsorción de Cd (II) en Medio Acuoso empleando <i>Ormosia Coccinea</i> como Material Adsorbente, Lima 2023											
Responsables	Pacheco Asencio, Pedro Felix y Perez Gonzalez, Diego Francisco											
Asesor	Dr. Grijalva Aroni, Percy Luis											
Línea de investigación	Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático											
Lugar	Lima											
Fecha	23/06/2023										Hora	
Contaminante												
Características del tratamiento	Corridos											
pH	3.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	Conc. inicial	Conc. final
Volumen de muestra	0,500 litros											
Dosis de del adsorbente (g/ml)	0,0000	0,0003	0,0006	0,009	0,0012	0,0018	0,0021	0,0024	0,0030			
RPM	400											

SOLICITUD: Validación de instrumento de recolección de datos.

Mg. CABELLO TORRES, RITA JAQUELINE

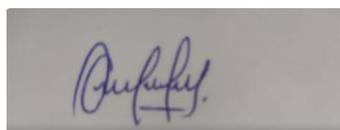
Yo PACHECO ASECIO, PEDRO FELIX con DNI N° 43084340 y PEREZ GONZALEZ, DIEGO FRANCISCO DNI N° 72500332, alumnos de la Universidad Cesar Vallejo de Ingeniería Ambiental, asesorado por el ingeniero GRIJALVA ARONI, PERCY LUIS, me dirijo a usted con el debido respeto me presento y le manifiesto:

Que siendo requisito indispensable el recojo de datos necesarios para la tesis que vengo elaborando titulada: **“Evaluación de la Cinética de Adsorción de Cd (II) en Medio Acuoso empleando *Ormosia Coccinea* como Material Adsorbente, Lima 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.



.....
Pacheco Asencio, Pedro Felix
DNI: 43084340



.....
Perez Gonzalez, Diego Francisco
DNI: 72500332

Lima, 23 de junio del 2023

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. **Apellidos y Nombres:** Mg. CABELLO TORRES, RITA JAQUELINE
 1.2. **Cargo e institución donde labora:** Docente / UCV Lima Este
 1.3. **Especialidad o línea de investigación:** Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático
 1.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Proceso de adsorción
 1.5. **Autor(A) de Instrumento:** Pacheco Asencio, Pedro Felix y Perez Gonzalez, Diego Francisco

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMA-MENTE 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

85
85

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

85



Lima, 23 de junio de 2023

Mg. CABELLO TORRES, RITA JAQUELINE

CIP:145791

Ficha 1: Parámetros de elaboración de biochar con *Ormosia Coccinea*

Título del proyecto	Evaluación de la Cinética de Adsorción de Cd (II) en Medio Acuoso empleando <i>Ormosia Coccinea</i> como Material Adsorbente, Lima 2023	
Responsables	Pacheco Asencio, Pedro Felix y Perez Gonzalez, Diego Francisco	
Asesor	Dr. Grijalva Aroni, Percy Luis	
Línea de investigación	Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático	
Lugar	Lima	
Fecha	23/06/2023	
Muestra	Valores	indicadores
T° de secado		°C
Temperatura de pirolisis		(°C)
Tamaño de partícula		(µm)

Ficha 2: Proceso de adsorción												
Título del proyecto	Evaluación de la Cinética de Adsorción de Cd (II) en Medio Acuoso empleando <i>Ormosia Coccinea</i> como Material Adsorbente, Lima 2023											
Responsables	Pacheco Asencio, Pedro Felix y Perez Gonzalez, Diego Francisco											
Asesor	Dr. Grijalva Aroni, Percy Luis											
Línea de investigación	Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático											
Lugar	Lima											
Fecha	23/06/2023										Hora	
Contaminante												
Características del tratamiento	Corridos											
pH	3.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	Conc. inicial	Conc. final
Volumen de muestra	0,500 litros											
Dosis de del adsorbente (g/ml)	0,0000	0,0003	0,0006	0,009	0,0012	0,0018	0,0021	0,0024	0,0030			
RPM	400											

SOLICITUD: Validación de instrumento de recolección de datos.

Dr. ESPINOZA FARFAN , EDUARDO RONALD

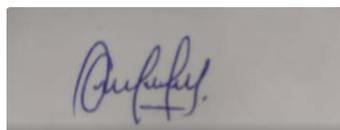
Yo PACHECO ASECIO, PEDRO FELIX con DNI N° 43084340 y PEREZ GONZALEZ, DIEGO FRANCISCO DNI N° 72500332, alumnos de la Universidad Cesar Vallejo de Ingeniería Ambiental, asesorado por el ingeniero GRIJALVA ARONI, PERCY LUIS, me dirijo a usted con el debido respeto me presento y le manifiesto:

Que siendo requisito indispensable el recojo de datos necesarios para la tesis que vengo elaborando titulada: **“Evaluación de la Cinética de Adsorción de Cd (II) en Medio Acuoso empleando *Ormosia Coccinea* como Material Adsorbente, Lima 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.



.....
Pacheco Asencio, Pedro Felix
DNI: 43084340



.....
Perez Gonzalez, Diego Francisco
DNI: 72500332

Lima, 23 de junio del 2023

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. **Apellidos y Nombres:** Dr.Espinoza Farfan Eduardo Ronald
 1.2. **Cargo e institución donde labora:** Docente / UCV Lima Este
 1.3. **Especialidad o línea de investigación:** Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático
 1.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Proceso de adsorción
 1.5. **Autor(A) de Instrumento:** Pacheco Asencio, Pedro Felix y Perez Gonzalez, Diego Francisco

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMA-MENTE 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

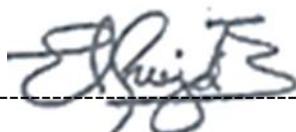
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

90
90

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90

Lima, 23 de junio de 2023



Dr. ESPINOZA FARFAN, EDUARDO RONALD
CIP:92135

Ficha 1: Parámetros de elaboración de biochar con *Ormosia Coccinea*

Título del proyecto	Evaluación de la Cinética de Adsorción de Cd (II) en Medio Acuoso empleando <i>Ormosia Coccinea</i> como Material Adsorbente, Lima 2023	
Responsables	Pacheco Asencio, Pedro Felix y Perez Gonzalez, Diego Francisco	
Asesor	Dr. Grijalva Aroni, Percy Luis	
Línea de investigación	Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático	
Lugar	Lima	
Fecha	23/06/2023	
Muestra	Valores	indicadores
T° de secado		°C
Temperatura de pirolisis		(°C)
Tamaño de partícula		(µm)

Ficha 2: Proceso de adsorción												
Título del proyecto	Evaluación de la Cinética de Adsorción de Cd (II) en Medio Acuoso empleando <i>Ormosia Coccinea</i> como Material Adsorbente, Lima 2023											
Responsables	Pacheco Asencio, Pedro Felix y Perez Gonzalez, Diego Francisco											
Asesor	Dr. Grijalva Aroni, Percy Luis											
Línea de investigación	Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático											
Lugar	Lima											
Fecha	23/06/2023										Hora	
Contaminante												
Características del tratamiento	Corridas											
pH	3.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	Conc. inicial	Conc. final
Volumen de muestra	0,500 litros											
Dosis de del adsorbente (g/ml)	0,0000	0,0003	0,0006	0,009	0,0012	0,0018	0,0021	0,0024	0,0030			
RPM	400											

Fotos de Laboratorio







17 ago. 2023 12:24:26 p. m.
Número de índice: 15



Certificados de calibración de equipos

ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO

Tesista :

Tipo de ensayos: Análisis físico - químico
Tipo de muestra: Líquido acuoso
Descripción de la muestra: Medio acuoso
Muestra tomada por: Estudiante
Fecha de ingreso de muestra: 25 de julio de 2023
Lugar que se realizó el ensayo: Laboratorio de Biotecnología – UCV Lima Este
Fecha de realización de ensayos: 26 de julio 2023

Muestra ingresada por el estudiante

	Identificación de la Muestra	Ormosia Coccinea Dosis g/ml.	Cd Inicial	Cd Final
			mg/l	mg/l
1	Muestra acuosa	0,0	4,749	4,749
2	Muestra acuosa	0,0003	4,749	4,506
3	Muestra acuosa	0,0006	4,749	4,243
4	Muestra acuosa	0,0009	4,749	3,527
5	Muestra acuosa	0,0012	4,749	2,062
6	Muestra acuosa	0,0015	4,749	0,950
7	Muestra acuosa	0,0018	4,749	0,632
8	Muestra acuosa	0,0021	4,749	0,372
9	Muestra acuosa	0,0024	4,749	0,409
10	Muestra acuosa	0,0027	4,749	0,384
11	Muestra acuosa	0,0030	4,749	0,359

*los resultados emitidos válidos para desarrollo académico

Identificación de la Muestra		Ormosia Coccinea Dosis g/ml.	Cd Inicial	Cd Final
			mg/l	mg/l
1	Muestra acuosa pH 3.5	0,0	6,540	6,540
2	Muestra acuosa pH 3.5	0,0	-	6,540
3	Muestra acuosa pH 3.5	0,0	-	6,540
4	Muestra acuosa pH 3.0	0,0020	6,540	5,922
5	Muestra acuosa pH 3.0	0,0020	-	5,872
6	Muestra acuosa pH 3.0	0,0020	-	5,972
7	Muestra acuosa pH 3.5	0,0020	6,540	1,995
8	Muestra acuosa pH 3.5	0,0020	-	1,945
9	Muestra acuosa pH 3.5	0,0020	-	1,995
10	Muestra acuosa pH 4	0,0020	6,540	0,356
11	Muestra acuosa pH 4	0,0020	-	0,406
12	Muestra acuosa pH 4	0,0020	-	0,306
13	Muestra acuosa pH 4.5	0,0020	6,540	0,487
14	Muestra acuosa pH 4.5	0,0020	-	0,437
15	Muestra acuosa pH 4.5	0,0020	-	0,537
16	Muestra acuosa pH 5	0,0020	6,540	0,480
17	Muestra acuosa pH 5	0,0020	-	0,580
18	Muestra acuosa pH 5	0,0020	-	0,530
19	Muestra acuosa pH 5.5	0,0020	6,540	0,620
20	Muestra acuosa pH 5.5	0,0020	-	0,710
21	Muestra acuosa pH 5.5	0,0020	-	0,666
22	Muestra acuosa pH 6	0,0020	6,540	0,639
23	Muestra acuosa pH 6	0,0020	-	0,679
24	Muestra acuosa pH 6	0,0020	-	0,659
25	Muestra acuosa pH 6.5	0,0020	6,540	0,743
26	Muestra acuosa pH 6.5	0,0020	-	0,763
27	Muestra acuosa pH 6.5	0,0020	-	0,543
28	Muestra acuosa pH 7	0,0020	6,540	0,548
29	Muestra acuosa pH 7	0,0020	-	0,598
30	Muestra acuosa pH 7	0,0020	-	0,508

Identificación de la Muestra		Tiempo	Cd Inicial	Cd Final
			mg/l	mg/l
1	Cd de 2 mg/l	10	0,9838	0,082

2	Cd de 2 mg/l	20	0,9838	0,094
3	Cd de 2 mg/l	30	0,9838	0,078
4	Cd de 2 mg/l	40	0,9838	0,077
5	Cd de 2 mg/l	60	0,9838	0,07
6	Cd de 4 mg/l	10	1,954	0,136
7	Cd de 4 mg/l	20	1,954	0,148
8	Cd de 4 mg/l	30	1,954	0,116
9	Cd de 4 mg/l	40	1,954	0,112
10	Cd de 4 mg/l	60	1,954	0,11
11	Cd de 6 mg/l	10	3,667	0,226
12	Cd de 6 mg/l	20	3,667	0,228
13	Cd de 6 mg/l	30	3,667	0,209
14	Cd de 6 mg/l	40	3,667	0,190
15	Cd de 6 mg/l	60	3,667	0,201
16	Cd de 8 mg/l	10	4,470	0,272
17	Cd de 8 mg/l	20	4,470	0,283
18	Cd de 8 mg/l	30	4,470	0,238
19	Cd de 8 mg/l	40	4,470	0,234
20	Cd de 8 mg/l	60	4,470	0,218
21	Cd de 10 mg/l	10	5,650	0,290
22	Cd de 10 mg/l	20	5,650	0,334
23	Cd de 10 mg/l	30	5,650	0,254
24	Cd de 10 mg/l	40	5,650	0,259
25	Cd de 10 mg/l	60	5,650	0,248

*los resultados emitidos válidos para desarrollo académico

Método de Referencia:

Cadmio total: SMEWW--AWWA-WEF 3030 E ,3111 B Direct.air-acetylene flame

INFORME DE ENSAYO N° 03- 2023

LABORATORIO DE BIOTECNOLOGIA – UCV

ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO

Tipo de ensayos: Análisis físico - químico
Tipo de muestra: Líquido acuoso
Descripción de la muestra: Medio acuoso
Muestra tomada por: Estudiante
Fecha de ingreso de muestra: 25 / 07/ 2023
Lugar que se realizó el ensayo: Laboratorio de Biotecnología – UCV Lima Este
Fecha de realización de ensayos: 16 / 08 /2023
Muestra ingresada por el estudiante

	Identificación de la Muestra	Ormosia Coccinea Dosis g/ml.	Cd Inicial	Cd Final
			mg/l	mg/l
1	Muestra acuosa	0,0	4,749	4,749
2	Muestra acuosa	0,0003	4,749	4,506
3	Muestra acuosa	0,0006	4,749	4,243
4	Muestra acuosa	0,0009	4,749	3,527
5	Muestra acuosa	0,0012	4,749	2,062
6	Muestra acuosa	0,0015	4,749	0,950
7	Muestra acuosa	0,0018	4,749	0,632
8	Muestra acuosa	0,0021	4,749	0,372
9	Muestra acuosa	0,0024	4,749	0,409
10	Muestra acuosa	0,0027	4,749	0,384
11	Muestra acuosa	0,0030	4,749	0,359

*los resultados emitidos válidos para desarrollo académico

INFORME DE ENSAYO N° 03- 2023

LABORATORIO DE BIOTECNOLOGIA – UCV

	Identificación de la Muestra	Ormosia Coccinea Dosis g/ml.	Cd Inicial	Cd Final
			mg/l	mg/l
1	Muestra acuosa pH 3.5	0,0	6,540	6,540
2	Muestra acuosa pH 3.5	0,0	-	6,540
3	Muestra acuosa pH 3.5	0,0	-	6,540
4	Muestra acuosa pH 3.0	0,0020	6,540	5,922
5	Muestra acuosa pH 3.0	0,0020	-	5,872
6	Muestra acuosa pH 3.0	0,0020	-	5,972
7	Muestra acuosa pH 3.5	0,0020	6,540	1,995
8	Muestra acuosa pH 3.5	0,0020	-	1,945
9	Muestra acuosa pH 3.5	0,0020	-	1,995
10	Muestra acuosa pH 4	0,0020	6,540	0,356
11	Muestra acuosa pH 4	0,0020	-	0,406
12	Muestra acuosa pH 4	0,0020	-	0,306
13	Muestra acuosa pH 4.5	0,0020	6,540	0,487
14	Muestra acuosa pH 4.5	0,0020	-	0,437
15	Muestra acuosa pH 4.5	0,0020	-	0,537
16	Muestra acuosa pH 5	0,0020	6,540	0,480
17	Muestra acuosa pH 5	0,0020	-	0,580
18	Muestra acuosa pH 5	0,0020	-	0,530
19	Muestra acuosa pH 5.5	0,0020	6,540	0,620
20	Muestra acuosa pH 5.5	0,0020	-	0,710
21	Muestra acuosa pH 5.5	0,0020	-	0,666
22	Muestra acuosa pH 6	0,0020	6,540	0,639
23	Muestra acuosa pH 6	0,0020	-	0,679
24	Muestra acuosa pH 6	0,0020	-	0,659
25	Muestra acuosa pH 6.5	0,0020	6,540	0,743
26	Muestra acuosa pH 6.5	0,0020	-	0,763
27	Muestra acuosa pH 6.5	0,0020	-	0,543
28	Muestra acuosa pH 7	0,0020	6,540	0,548
29	Muestra acuosa pH 7	0,0020	-	0,598
30	Muestra acuosa pH 7	0,0020	-	0,508

Daniel Neciosup

Daniel Neciosup Gonzales
Asistente Del Laboratorio
De Biotecnología



V.*B* Mg. Priscilla Aliaga
Jefe de escuela de Ingeniería Ambiental

INFORME DE ENSAYO N° 03- 2023

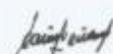
LABORATORIO DE BIOTECNOLOGIA – UCV

	Identificación de la Muestra	Tiempo	Cd Inicial	Cd Final
			mg/l	mg/l
1	Cd de 2 mg/l	10	0,9838	0,082
2	Cd de 2 mg/l	20	0,9838	0,094
3	Cd de 2 mg/l	30	0,9838	0,078
4	Cd de 2 mg/l	40	0,9838	0,077
5	Cd de 2 mg/l	60	0,9838	0,07
6	Cd de 4 mg/l	10	1,954	0,136
7	Cd de 4 mg/l	20	1,954	0,148
8	Cd de 4 mg/l	30	1,954	0,116
9	Cd de 4 mg/l	40	1,954	0,112
10	Cd de 4 mg/l	60	1,954	0,11
11	Cd de 6 mg/l	10	3,667	0,226
12	Cd de 6 mg/l	20	3,667	0,228
13	Cd de 6 mg/l	30	3,667	0,209
14	Cd de 6 mg/l	40	3,667	0,190
15	Cd de 6 mg/l	60	3,667	0,201
16	Cd de 8 mg/l	10	4,470	0,272
17	Cd de 8 mg/l	20	4,470	0,283
18	Cd de 8 mg/l	30	4,470	0,238
19	Cd de 8 mg/l	40	4,470	0,234
20	Cd de 8 mg/l	60	4,470	0,218
21	Cd de 10 mg/l	10	5,650	0,290
22	Cd de 10 mg/l	20	5,650	0,334
23	Cd de 10 mg/l	30	5,650	0,254
24	Cd de 10 mg/l	40	5,650	0,259
25	Cd de 10 mg/l	60	5,650	0,248

*Los resultados emitidos válidos para desarrollo académico

Método de Referencia:

Cadmio total: SMEWW--AWWA-WEF 3030 E .3111 B Direct.ar-wastylene fame



Daniel Neciosup Gonzales
Asistente Del Laboratorio
De Biotecnología



V."B" Mg.Sc. Freddy Víctor Aliaga
Jefe de escuela de Ingeniería Ambiental

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
PFQ-023-2022

Página 1 de 2

Expiente : OTF22-002
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/INMI 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.



HCPFO-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 Referencia	Patrón de Trabajo	Certif. Inf. Calibración	
Disolución Tampón 4.00 pH a 25°C NIST - USA	Ampolla de 20 ml LI 190285(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 LI 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 LI 170124(A) U(K=2) ±0.3	SI Analytica GmbH DIN 55 350	
Disolución Tampón 12.83 mS pH a 25°C NIST - USA	Ampolla de 20 ml LI 170124(A) U(K=2) ±0.3	SI Analytica GmbH DIN 55 350	

Condiciones Ambientales

Condiciones Ambientales	Mínima	Máxima
Temperatura	20.3 °C	20.8 °C
Humedad Relativa	66 %	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 (JCOM 100: 2008) y OIML G1-104-en: 2009 (JCOM 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

HCFFQ-05-Rev 00

		"INFORME TÉCNICO"		Código: F-57-01	
				Versión: 2	
				Fecha de Aprob.: 30/07/23	
N° Autogenerado	00200194-23	N° de Proceso		Fecha de emisión	18-19/07/23
Nro. OT	0020000273	N° de ítem		Fecha de intervención	18-19/07/23
DATOS DEL CLIENTE					
Razón social	UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO S.A.C.				
RUC	20164113532	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	25-0932-21-0024		
Modelo	AA600	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 : MTTQ. CORRECTIVO - CAMBIO DE REPUESTO					
TRABAJO REALIZADO		MEDICIONES			
Revisión de ambiente y condiciones de la instalación.	<input checked="" type="checkbox"/>	Voltage: 220VAC			
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 inicialización	<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"/>				
INSTRUMENTO 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 aspiración 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 presión del gas Acetileno esta en 75psi, por lo que debe ser reemplazado. Su límite de presión primaria para el cambio del balon es 70psi.					
La sustitución 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 manipulación 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 BRAVO GARCIA	Nombre:	DNI:		
		Firma y sello:			