



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Carbón activado de cáscara de *Ananas comosus* impregnadas con nanopartículas de Fe para la remoción de Pb (II) en las aguas del río Chillón, Puente Piedra – 2024

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

AUTORES:

Chafloque Bernal, Julio Eduardo (orcid.org/0000-0001-7971-9533)

Trujillo Rosario, Ronald Constantino (orcid.org/0000-0002-5911-2379)

ASESOR:

Mg. Bañón Arias, Jonathan Victor (orcid.org/0000-0002-0996-9593)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y Gestión de los Residuos

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA - PERÚ

2024

Dedicatoria

Este trabajo de investigación se lo dedicamos a nuestras familias por brindarnos el apoyo incondicional el cual nos motivó a seguir adelante. Sus enseñanzas nos han forjado a diario en el proceso de vida y nos ha conducido por el buen camino. Es por ello que otorgamos este trabajo como símbolo del amor incondicional y gratitud.

Agradecimiento

Con estima incondicional extendemos nuestra gratitud a nuestras familias por ser el pilar fundamental en todo nuestro proceso formativo como profesionales y como personas.

Expresamos nuestro reconocimiento a nuestro asesor por su dedicación como docente y su orientación que han servido para el logro de este trabajo.

Nuestra gratitud se extiende a la ingeniera Iris Pamela Huerta Huayta por el apoyo brindado, a su vez se le agradece por los consejos otorgados.

A nuestras amigas Alejandra Villena, Andrea Mogollón y Naghely López, les agradecemos su invaluable apoyo a lo largo de estos 5 años de formación académica profesional.

Declaratoria de autenticidad del asesor



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, BAÑON ARIAS JONNATAN VICTOR, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "Carbón activado de cáscara de Ananas comosus impregnadas con nanopartículas de Fe para la remoción de Pb (II) en las aguas del río Chillón, Puente Piedra – 2024", cuyos autores son CHAFLOQUE BERNAL JULIO EDUARDO, TRUJILLO ROSARIO RONALD CONSTANTINO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 19.00%, 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, 22 de Julio del 2024

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
BAÑON ARIAS JONNATAN VICTOR DNI: 43661382 ORCID: 0000-0002-0996-9593	Firmado electrónicamente por: JBANONAR el 22-07- 2024 12:22:28

Código documento Trilce: TRI - 0828450



Declaratoria de originalidad de los autores



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, CHAFLOQUE BERNAL JULIO EDUARDO, TRUJILLO ROSARIO RONALD CONSTANTINO estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Carbón activado de cáscara de Ananas comosus impregnadas con nanopartículas de Fe para la remoción de Pb (II) en las aguas del río Chillón, Puente Piedra – 2024", 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
JULIO EDUARDO CHAFLOQUE BERNAL DNI: 75378697 ORCID: 0000-0001-7971-9533	Firmado electrónicamente por: JCHAFLOQUEBER el 22-07-2024 12:19:54
RONALD CONSTANTINO TRUJILLO ROSARIO DNI: 71350629 ORCID: 0000-0002-5911-2379	Firmado electrónicamente por: RCTRUJILLOT el 22-07-2024 12:19:48

Código documento Trilce: TRI - 0828451

Índice de contenidos

Carátula	i
Declaratoria de autenticidad del asesor	ii
Declaratoria de originalidad de los autores.....	iii
Dedicatoria	iv
Agradecimiento	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
I.- INTRODUCCIÓN	1
II.- METODOLOGÍA	18
III.- RESULTADOS	40
IV.- DISCUSIÓN	93
V.- CONCLUSIONES	97
VI.- RECOMENDACIONES	98
REFERENCIAS	99
ANEXOS	

Índice de Tablas

Tabla 1: Diseño factorial de las muestras sometidas a tratamiento	18
Tabla 2: Instrumentos de recolección de datos	20
Tabla 3: Expertos que revisaron la investigación	20
Tabla 4: Confiabilidad por prueba V de Aiken	20
Tabla 5: Georreferenciación del lugar de toma de muestra.....	22
Tabla 6: Parámetros fisicoquímicos e inorgánicos	23
Tabla 7: Materiales utilizados, equipos para la toma de muestra en río Chillón	25
Tabla 8: Georreferenciación del mercado	26
Tabla 9: Tiempo transcurrido del flotador (Método del Flotador)	40
Tabla 10: Profundidad de corte transversal en zona de estudio.....	40
Tabla 11: Determinación del caudal de la zona de estudio (Método del flotador)	41
Tabla 12: Parámetros fisicoquímicos (<i>in situ</i>)	42
Tabla 13: Oxígeno disuelto (Método Winkler)	42
Tabla 14: Parámetros fisicoquímicos iniciales del agua (Método potenciométrico)	43
Tabla 15: Sólidos totales (Método gravimétrico)	43
Tabla 16: Sólidos disueltos (Método gravimétrico)	43
Tabla 17: Sólidos suspendidos totales (Método filtración en vacío)	44
Tabla 18: Oxígeno disuelto (Método Winkler)	44
Tabla 19: Demanda química de oxígeno (DQO) (Método del dicromato)	44
Tabla 20: Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅) (Método Winkler)	45
Tabla 21: Plomo (II) en aguas del río Chillón	45
Tabla 22: Parámetros físicos y químicos de la cáscara de piña	46
Tabla 23: Reducción de cáscara de piña seca	46
Tabla 24: Rendimiento de cáscara de piña seca	47
Tabla 25: Humedad del biocarbón más maghemita (Método: Norma ASTM D -2216)	47
Tabla 26: Materia volátil biocarbón más maghemita (Método: Norma ASTM D - 3175)	47
Tabla 27: Ceniza del biocarbón más maghemita (Norma ASTM D - 5142)	48
Tabla 28: Carbono fijo del biocarbón más maghemita (Método: Norma ASTM D-3172).....	48
Tabla 29: Análisis granulométrico del biocarbón (Método ASTM D422)	48
Tabla 30: Prueba del potencial de hidrogeno.....	49
Tabla 31: Determinación de la constante K (Método de espectrofotometría UV/VIS)	49
Tabla 32: Determinación de la concentración de equilibrio (C ₁₆ H ₁₈ ClN ₃ S.XH ₂ O)	50
Tabla 33: Velocidad de adsorción por biocarbón más maghemita	51
Tabla 34: Capacidad de adsorción de biocarbón más nanopartículas de maghemita	52
Tabla 35: Isotherma de Langmuir en adsorción del biocarbón más maghemita	52

Tabla 36: Isoterma de Freundlich en adsorción del biocarbón más maghemita	53
Tabla 37: Tratamiento del agua con las dosis de adsorbente	54
Tabla 38: Parámetros fisicoquímicos de 34g maghemita más biocarbón.....	55
Tabla 39: Parámetros fisicoquímicos de 66 g maghemita más biocarbón	56
Tabla 40: Parámetros fisicoquímicos de 100 g maghemita más biocarbón	56
Tabla 41: Sólidos totales de muestra con 34 g maghemita más biocarbón	57
Tabla 42: Sólidos totales de muestra con 66 g maghemita más biocarbón	58
Tabla 43: Sólidos totales de muestra con 100 g maghemita más biocarbón	59
Tabla 44: Sólidos disueltos de muestra con 34 g maghemita más biocarbón	60
Tabla 45: Sólidos disueltos de muestra con 66 g maghemita más biocarbón	61
Tabla 46: Sólidos disueltos de muestra con 100 g maghemita más biocarbón	62
Tabla 47: Sólidos suspendidos totales de muestra con 34 g maghemita más biocarbón	63
Tabla 48: Sólidos suspendidos totales de muestra con 66 g maghemita más biocarbón	64
Tabla 49: Sólidos suspendidos totales de muestra con 100 g maghemita más biocarbón.....	65
Tabla 50: Oxígeno disuelto del proceso con 34g de maghemita más biocarbón	66
Tabla 51: Oxígeno disuelto del proceso con 66 g de maghemita más biocarbón	67
Tabla 52: Oxígeno disuelto del proceso con 100 g de maghemita más biocarbón	68
Tabla 53: Demanda química de oxígeno con 34 g de maghemita más biocarbón	69
Tabla 54: Demanda química de oxígeno con 66 g de maghemita más biocarbón	70
Tabla 55: Demanda química de oxígeno con 100 g de maghemita más biocarbón	71
Tabla 56: Demanda bioquímica de oxígeno con 34 g maghemita más biocarbón	72
Tabla 57: Demanda bioquímica de oxígeno con 66 g maghemita más biocarbón	73
Tabla 58: Demanda bioquímica de oxígeno con 100 g maghemita más biocarbón	74
Tabla 59: Plomo (II) absorbato y adsorbente con 34 g maghemita más biocarbón	75
Tabla 60: Plomo (II) absorbato y adsorbente con 66 g maghemita más biocarbón	76
Tabla 61: Plomo (II) absorbato y adsorbente con 100 g maghemita más biocarbón	77
Tabla 62: Eficiencia de adsorción de Pb en el biocarbón más maghemita	78
Tabla 63: Prueba de normalidad en adsorción y concentración de Pb	79
Tabla 64: Prueba Rho de Spearman en la capacidad de adsorción del adsorbente	80
Tabla 65: Prueba de normalidad para la velocidad de adsorción del adsorbente	81
Tabla 66: Prueba de Pearson para la velocidad de adsorción del adsorbente	82
Tabla 67: Prueba de normalidad para las Isotermas de Langmuir y Freundlich	82
Tabla 68: Prueba de Pearson para las Isotermas de Langmuir y Freundlich	83
Tabla 69: Prueba de normalidad para la CE del agua tratada con el adsorbente.....	84
Tabla 70: Prueba de Pearson para la CE del agua tratada con el adsorbente.....	84
Tabla 71: Prueba de normalidad para el OD del agua tratada con el adsorbente	85

Tabla 72: Prueba de Pearson para el OD del agua tratada con el adsorbente	86
Tabla 73: Prueba de normalidad para el DQO del agua tratada con el adsorbente.....	87
Tabla 74: Prueba de Pearson para el DQO del agua tratada con el adsorbente.....	87
Tabla 75: Prueba de normalidad para los SST del agua tratada con el adsorbente	88
Tabla 76: Prueba de Pearson para los SST del agua tratada con el adsorbente	89
Tabla 77: Prueba de normalidad para los SD del agua tratada con el adsorbente	89
Tabla 78: Prueba de Pearson para los SD del agua tratada con el adsorbente	90
Tabla 79: Prueba de normalidad para la eficiencia del adsorbente	91
Tabla 80: Prueba Rho de Spearman para la eficiencia del adsorbente.....	92

Índice de Figuras

Figura 1: Ubicación de la toma de muestra	22
Figura 2: Toma de muestra	23
Figura 3: Medición del caudal	24
Figura 4: Medición de la sección transversal	25
Figura 5: Filtración de aguas residuales domésticas	25
Figura 6: Armado del invernadero casero	26
Figura 7: Limpieza de la cáscara de piña	27
Figura 8: Secado de la cáscara de piña	27
Figura 9: Rendimiento de la piña	28
Figura 10: Proceso de pirolisis	28
Figura 11: Análisis granulométrico del carbón activado	29
Figura 12: Obtención del carbón activado	30
Figura 13: Parámetros físicos del biocarbón de cáscara de <i>Ananas comosus</i>	30
Figura 14: Obtención de maghemita	31
Figura 15: Obtención del carbón activado más maghemita	32
Figura 16: Conservación del adsorbente	33
Figura 17: Prueba de adsorción para el adsorbente	34
Figura 18: Prueba Langmuir y Freundlich para el adsorbente	35
Figura 19: Armado del sistema de tratamiento para las aguas del río Chillón	37
Figura 20: Características del agua tratada	37
Figura 21: Corte transversal del río Chillón	41
Figura 22: Cinética de adsorción del biocarbón más maghemita	50
Figura 23: Velocidad de adsorción del nanocompuesto en azul de metileno	51
Figura 24: Isoterma de Langmuir	53
Figura 25: Isoterma de Freundlich	54
Figura 26: Reducción de sólidos totales en el filtro 1	57
Figura 27: Reducción de sólidos totales en el filtro 2	58
Figura 28: Reducción de sólidos totales en el filtro 3	59
Figura 29: Reducción sólidos disueltos en el filtro 1	60
Figura 30: Reducción sólidos disueltos en el filtro 2	61
Figura 31: Reducción sólidos disueltos en el filtro 3	62
Figura 32: Reducción sólidos suspendidos totales en el filtro 1	63
Figura 33: Reducción sólidos suspendidos totales en el filtro 2	64
Figura 34: Reducción sólidos suspendidos totales en el filtro 3	65
Figura 35: Incremento del oxígeno disuelto en el filtro 1	66

Figura 36: Incremento del oxígeno disuelto en el filtro 2.....	67
Figura 37: Incremento del oxígeno disuelto en el filtro 3.....	68
Figura 38: Reducción de la demanda química de oxígeno en el filtro 1	69
Figura 39: Reducción de la demanda química de oxígeno en el filtro 2	70
Figura 40: Reducción de la demanda química de oxígeno en el filtro 3	71
Figura 41: Reducción de la demanda bioquímica de oxígeno en el filtro 1	72
Figura 42: Reducción de la demanda bioquímica de oxígeno en el filtro 2	73
Figura 43: Reducción de la demanda bioquímica de oxígeno en el filtro 3	74
Figura 44: Adsorción de Pb en el adsorbente 34g de maghemita	75
Figura 45: Adsorción de Pb en el adsorbente 66g de maghemita	76
Figura 46: Adsorción de Pb en el adsorbente 100g de maghemita.....	77
Figura 47: Comparación de resultados de adsorción de Pb en el adsorbente	78

Resumen

El cuerpo lotico Chillón se encuentra afectado por la presencia de Pb (II) en el distrito de Puente Piedra. Es por ello que la presente investigación aporta al ODS N°6 de agua limpia y saneamiento, puesto que se busca recuperar las condiciones del agua mediante el uso de carbón activado impregnadas con nanopartículas de Fe para la adsorción del Pb (II) en el río Chillón. Las características de elaboración fueron 300 °C para el proceso de pirolisis, luego la adición de HCl como agente activante; se empleó el proceso térmico de 100 °C para la obtención de maghemita, así mismo se empleó FeCl₃ para la impregnación de la nanopartícula al carbón activado. Se trabajó con tres relaciones de 1:3, 2:3 y 1:1 respecto de la maghemita con carbón activado para 9 tiempos con intervalos de 15 minutos. Después del tratamiento se obtuvo: 7.18 pH, conductividad eléctrica de 965 uS/cm, potencial redox de 185 mV, turbidez de 76 NTU, OD con 4.75 mg/L, DQO de 1080 mg/L, DBO fue de 577 mg/L, ST con 1199 mg/L, SD con 706 mg/L, SST con 191 mg/L y la concentración de Pb fue de 0.76 mg/L con la primera dosis del adsorbente.

Palabras Clave: Nanotecnología, plomo, tratamiento del agua

Abstract

The Chillón lotic body is affected by the presence of Pb (II) in the Puente Piedra district. This is why this research contributes to SDG No. 6 of clean water and sanitation, since it seeks to recover water conditions through the use of activated carbon impregnated with Fe nanoparticles for the adsorption of Pb (II) in the river. Gaudy. The manufacturing characteristics were 300 °C for the pyrolysis process, then the addition of HCl as an activating agent; The thermal process of 100 °C was used to obtain maghemite, and FeCl₃ was also used to impregnate the nanoparticle with activated carbon. Work was carried out with three ratios of 1:3, 2:3 and 1:1 with respect to maghemite with activated carbon for 9 times with intervals of 15 minutes. After treatment, the following were obtained: 7.18 pH, electrical conductivity of 965 uS/cm, redox potential of 185 mV, turbidity of 76 NTU, OD with 4.75 mg/L, COD of 1080 mg/L, BOD was 577 mg/L, ST with 1199 mg/L, SD with 706 mg/L, SST with 191 mg/L and the Pb concentration was 0.76 mg/L with the first dose of the adsorbent.

Keywords: Nanotechnology, lead, water treatment

I.- INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas se ha evidenciado la contaminación de los ríos a nivel global causando un gran impacto a los países respecto a su consumo habitual pues se conoce la reducción de la calidad hídrica a consecuencia de las partículas de sedimento, incluso la alteración exponencial de los parámetros por la presencia de algunos metales pesados cuya procedencia podría ser de origen industrial o minero, que terminan en los ríos por la descarga de efluentes que se generan producto de sus procesos, así como otras actividades que contaminan las aguas de los ríos (Murrugarra, 2021).

Actualmente, los cuerpos de agua presentan preocupantes cantidades de diversos metales pesados entre los que se destaca el Plomo (Pb); provocando que el agua de los ríos sea altamente tóxica lo que significa un gran problema social y ambiental para aquellas personas que se abastecen de los ríos. Además, impacta exponencialmente a los sistemas ecológicos y actividades económicas que desarrolla la humanidad por no poder suministrarse del agua frente a la posibilidad de enfermar o morir (Choque, et al., 2022).

La contaminación de ríos en Sudamérica por metales pesados es muy recurrente y se debe en parte a la ineficacia de las políticas y acciones para garantizar la calidad ambiental. La mayoría de ríos presentan niveles alarmantes respecto a metales como el Cr, Zn y Pb los cuales son una preocupación para la salud (Barletta, Lima y Costa, 2019). Según Vitorio et al. (2018) el río Estrella en Brasil se ha visto afectada por la presencia de metales pesados, tales como cadmio (Cd), plomo (Pb), boro (B), entre otros, que generan ecotoxicidad, siendo la concentración detectada de plomo de 10 a 40 veces mayor a lo que establece la legislación del país de Brasil. Adicional a ello, el río Cuchipamba en Ecuador presenta contaminación por plomo que excede la normativa vigente, lo cual se debe posiblemente a la existencia de minería ilegal y a la falta de tratamiento de aguas residuales, los resultados obtenidos indican los valores de 0.004 hasta 0.0046 mg/L de concentración de Pb en un período de muestreo de tres meses (Tucto, et al., 2022).

Nuestro país sufre con la problemática de concentraciones de Pb en las aguas del río Chillón resultando en la disminución de la calidad hídrica, lo cual lo vuelve un recurso natural tóxico comprometiendo la seguridad alimentaria y salud pública debido a las

diversas fuentes contaminantes que ocasionan que el Pb^{+2} entre en contacto con las aguas del río Chillón, y de ingerirse desencadenaría malestares graves a la persona, además de alterar el ambiente cercano a las aguas con Pb^{+2} que recorre la ruta del río Chillón (Contreras, 2019).

La problemática que nos llevó a realizar la presente investigación es la presencia de Pb (II) proveniente de las descargas de aguas residuales de industrias y fundiciones que trabajan con el reciclado de baterías; para corroborar la presencia de Pb (II) se realizó un análisis inicial por adsorción atómica que constató la concentración de dicho metal, encontrándose a la altura del fundo Soriano, lugar donde se realizó el muestreo a 300 metros del puente río Chillón, límite del distrito de Puente Piedra, perjudicando a las parcelas de cultivo del fundo Chuquitanta ya que utiliza dichas aguas para su riego de plantas de tallo corto. Estas aguas llegan por cadena trófica a perjudicar la salud, por lo que la presente investigación propone el uso de biocarbón de *Ananas comosus*, impregnadas de nanopartículas de Fe para reducir la concentración de Pb (II) en el agua, haciendo que estas aguas del río Chillón sean sostenibles, donde se obtendrán productos saludables que mejoran la calidad de vida.

En base a ello es que surge el **problema general**: ¿Cuál es la capacidad de adsorción del carbón activado de cáscara de *Ananas comosus* impregnadas con maghemita para remover significativamente el Pb (II) de las aguas del río Chillón - Puente Piedra 2024?; consecuentemente se desglosan los siguientes **problemas específicos**: ¿Cuáles son las características de elaboración e impregnación de biocarbón de *Ananas comosus* con maghemita para la remoción de plomo (II) de las aguas del río Chillón?, ¿Cuáles son las condiciones operacionales del biocarbón más maghemita, para la reducción de Pb (II) en el agua del río Chillón?, ¿Cuáles son las características físicas, químicas, biológicas, gravimétricas y de concentración de Pb (II) antes y después del uso de biocarbón más maghemita en el agua del río Chillón? y ¿Cuál es la eficiencia del biocarbón de *Ananas comosus* impregnadas con maghemita para remover el contaminante Pb (II) presente en el agua del río Chillón?

Justificación, la investigación que utiliza biocarbón impregnadas con nanopartículas de magnetita tiene aportes que benefician al medio ambiente, mejorando la calidad del agua siendo estos los siguientes:

Aporte social: En lo social podemos decir que se evitaran problemas de salud en especial a las personas que viven en las riberas del río que en muchos de los casos utilizan el agua para su uso doméstico, haciendo que esto ya no suceda porque el agua con una reducción considerable del plomo las personas vulnerables tendrán una mejor calidad de vida.

Aporte económico: Tratar el agua con residuos orgánicos hace que sea viable toda vez que estos son botados y que perjudican al medio ambiente cuando estos se descomponen, utilizando el principio de economía circular proponemos una reutilización con aportes a la salud, y a poder llevarlo a la practica en cualquier zona del territorio nacional.

Aporte ambiental: En lo ambiental se observará la recuperación de los suelos, el agua que servirán para obtener una producción agrícola aceptable con niveles bajos del contaminante plomo de acuerdo a las normas vigentes regulados por la Autoridad Nacional del Agua (ANA).

La investigación se alinea al Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) N°6 el cual se enfoca en el agua limpia y saneamiento para toda la humanidad. La contaminación del agua se va incrementando a consecuencia de efluentes residuales por la actividad antrópica (Organización de la Naciones Unidas, 2023).

Así mismo, se plantea el **objetivo general:** Determinar la capacidad de adsorción del carbón activado de cáscara de *Ananas comosus* impregnadas con maghemita para una remoción significativa del Pb (II) de las aguas del río Chillón - Puente Piedra 2024. Del mismo modo se disgregan los siguientes **objetivos específicos:** Determinar las características de elaboración e impregnación de biocarbón de *Ananas comosus* con maghemita para la remoción de plomo (II) de las aguas del río Chillón, analizar las condiciones operacionales del biocarbón más maghemita para la reducción de Pb (II) en el agua del río Chillón, determinar las características físicas, químicas, biológicas, gravimétricas y de concentración de Pb (II) antes y después del uso de biocarbón más maghemita en el agua del río Chillón, y evaluar la eficiencia del biocarbón de *Ananas comosus* impregnadas con maghemita para remover el contaminante Pb (II) presente en el agua del río Chillón.

La contaminación de los cuerpos de agua por metales pesados, vienen a ser un problema a nivel ambiental, ya que estos tienen un grado de toxicidad que afectan a los ecosistemas acuáticos, suelo, aire; llegando a ser un grave problema para la vida

del hombre, porque afectan a su estómago, problemas respiratorios, debilitamiento del sistema inmune, daño a los riñones e hígado, cáncer al pulmón, afecciones cardiacas, óseas, sistema nervioso, las que abastecen por los causes de dichos ríos como se puede observar las diversas actividades antropogénicas (Pabón, et al., 2020).

El aumento de la concentración de metales pesados en el ambiente se debe a la actividad humana como pueden ser las industrias; estos contaminantes no se biodegradan sino todo lo contrario son persistentes y tóxicos para el ambiente (Mishra et al., 2023), además la permanencia de sustancias tóxicas en el agua generan un deterioro de la calidad del mismo recurso hídrico, lo cual representa un riesgo ecológico debido a la carga tóxica que poseen (Agwu et al., 2023) y (Hemachandra y Sewwandi, 2023).

La contaminación por plomo afecta en gran medida al ambiente debido a que es una sustancia tóxica que afecta el suelo y las masas de agua a consecuencia de las actividades humanas que por medio de sus desechos industriales impregnan a los recursos naturales con variados metales pesados nocivos para la salud de todo ser vivo (Wagh, Osborne y Sivarajan, 2023).

De acuerdo con Wan et al. (2022), Rahman et al. (2023) y Słota et al. (2022), investigaron que el Pb perjudica el desarrollo del individuo por la exposición a este metal pesado o ingesta de agua y alimentos contaminados, así mismo indican que la intoxicación por plomo se puede agravar al grado de ocasionar la muerte por las altas concentraciones de plomo en la sangre e incluso podría perecer en caso ya tenga comprometido su sistema inmunológico o sea propenso a una enfermedad que afecte a la salud.

Los metales pesados como el plomo son contaminantes que generan un impacto negativo al ambiente por lo que su eliminación de las aguas a través de tecnologías de remediación resulta prioritaria ya que permite la recuperación del recurso hídrico. Un forma de tratar agua contaminada por plomo es la electrocoagulación la cual representa un avance favorable tecnológico, mediante este proceso se removió plomo presente en agua sintética en las condiciones de pH 5, durante un tiempo de 40 minutos y a la densidad de corriente de 140 A/m² cuya efectividad fue del 99.9% (Singh Thakur et al., 2023).

Otro método de remoción de plomo de agua es mediante el uso de arcilla natural y ureasa derivada de la *S. Pasteurii*, el cual permite la remoción de >99% de Pb resultando más efectivo que la remoción de Cd en la que se obtuvo >94%. Además el proceso de adsorción de Pb se adapta de manera eficiente a la isoterma de Langmuir (Maity et al., 2023).

Por otra parte, la eliminación de plomo en una solución preparada mediante la activación de CaCO₃ resultó del 99% de eficiencia cuando la velocidad excedió las 200 rpm, además el tiempo es un factor que influye pues cuando la duración experimental fue de 30 minutos el porcentaje de eficiencia para la eliminación de Pb fue menor al 90% sin embargo cuando el tiempo alcanzó los 90 minutos la eficiencia aumentó a 99.45% (Zeng et al., 2020).

El carbón activado es una estructura de carbono amorfo que se caracteriza por tener una gran cantidad de poros y un área de superficie de partículas considerable. Además, posee una alta concentración de fenoles, carbonilos y ácidos carboxílicos que se puede activar por medio de la activación física que mitiga el carbono reactivo a altas temperaturas entre 400 – 600 °C durante 1 o 2 horas en lo que se gratifica, y la activación química es a través de la mezcla de productos químicos que luego se procede a lavar tras la activación (Ibrahim et al., 2023) y (Yi et al., 2021). Por otro lado, el carbón activado cuenta con alrededor de 85% - 95% de carbono y el resto corresponde a nitrógeno, oxígeno, hidrogeno y azufre ya que su área superficial colinda entre 500 – 2000 m²/g y cuyo volumen permanece entre 0.20 – 0.60 cm³, por ende se puede aplicar para adsorber, filtrar, catalizar, almacenar, purificar, entre otras aplicaciones para remediar problemas ambientales relacionadas a la contaminación por metales pesados (Benedetti, Patuzzi y Baratieri 2018). Así mismo, (Mirzaee et al., 2021) averiguo que independientemente del método de activación que se aplique funcionará para mitigar diclofenaco en soluciones acuosas debido a que ambos métodos cumplen con el mismo propósito, y que sugiere el método físico por la manera que se puede acondicionar el carbón activado y someter a un sistema acuífero para la adsorción del contaminante.

Según Tamay (2019) El uso de residuos orgánicos ha tomado relevancia en la actualidad puesto que puede representar posibles usos para la adsorción de metales pesados. La *Ananas comosus* empleada como material absorbente posee la facultad

de biosorción y desorción de iones de plomo. De igual modo los residuos de cáscara de piña catalogado como un subproducto agrícola fue empleado en la elaboración de carbón activado lo cual permitió la adsorción del azul de metileno y rojo de metilo considerados como colorantes (Rosli, Ahmad y Noh, 2023).

La modificación del carbón activado con nanopartículas magnéticas es un proceso que implica la impregnación de nanopartículas de óxidos de hierro (Fe_3O_4) a la superficie del carbón activado. Este proceso mejora las propiedades magnéticas del carbón activado y aumenta su capacidad para adsorber metales pesados de los sistemas acuosos (Zhang et al., 2023) y (Hammouda et al., 2022). Los estudios indican que la adición de las nanopartículas al carbón activado consiste en preparar una solución con sales de hierro y añadir una solución de hidróxido de amonio para obtener nanopartículas de óxido de hierro (Fe_3O_4), estas nanopartículas se lavan y secan, luego el carbón activado se dispersa en la solución de nanopartículas y la mezcla se calienta a una temperatura de 500 – 700 °C durante un tiempo determinado para permitir que las nanopartículas se adhieran a la superficie del carbón y finalmente se separa del medio líquido mediante centrifugación o filtración, y luego se lava y seca para obtener el producto final (Jain et al., 2022), (Tiwari et al., 2023) y (Anbarani, Ramavandi y Bonyadi, 2023).

Las nanopartículas son estructuras cuya característica definitoria es cuando su tamaño inferior es a 100 nm, estas pueden ser sintetizadas tomando como base los metales, para que sean visualizadas es necesario el uso de microscopio como el electrónico de barrido (SEM). En la actualidad su uso en los diferentes campos de la ciencia ha brindado la oportunidad de generar respuestas a diferentes problemas que atañen a la sociedad (Shanmuganathan et al., 2023).

En este sentido se observa la necesidad del uso de nanopartículas que permitan la reducción de contaminantes en el agua, empleando el óxido de grafeno modificado con trietoxisilano para absorber metales pesados como el Pb (II) teniendo como tiempo de equilibrio 30 minutos y la capacidad máxima de absorción de 13.52 mg/g para el metal mencionado (Donga et al., 2022).

El uso de nanopartículas de quitosano a un pH de 5.1 con una temperatura de 36 °C y a la dosis de 0.10 g/L permitió demostrar la adsorción de plomo a una eficiencia del

98.10%, teniendo en consideración que el tiempo de equilibrio de adsorción fue de 30 minutos (Abo et al., 2023).

Por otra parte, las nanopartículas magnéticas de Fe_3O_4 híbridas funcionalizadas con amina y lignina carboximetilada permiten la eliminación óptima de Pb^{2+} en el rango de pH de 3 a 5 y esta se reduce cuando el pH es menor o igual a 2.5 (Zhang et al., 2019). Del mismo modo tenemos que (Devi et al., 2017) y (Ruthiraan et al., 2017) quienes encontraron que la capacidad de las nanopartículas de Fe_3O_4 para adsorber iones de metales pesados es más eficiente a un pH de 10 y 8 respectivamente, siendo el tiempo de duración de 60 minutos para ambos estudios.

El modelo de isoterma de Langmuir es una herramienta teórica que explica la relación entre la cantidad de moléculas adsorbidas en una superficie sólida y la presión o concentración del medio, manteniendo constante la temperatura. Este modelo asume que la adsorción ocurre en una monocapa de moléculas que cubren una superficie sólida homogénea (Mirzaee y Sartaj, 2022), por lo tanto es un modelo matemático que describe la adsorción de moléculas en una superficie sólida. Propone que la superficie tiene sitios de adsorción idénticos y que cada sitio sólo puede albergar una molécula (Mandal et al., 2021). Este método de análisis permite determinar el área superficial del carbón activado empleando ácido acético como material de adsorción para obtener datos sobre cómo varía la cantidad de moles adsorbidos con diferentes concentraciones de equilibrio, ya que sirve para predecir cómo cambiaría la cinética de ciertas reacciones catalizadas en superficies heterogéneas con las presiones parciales de los gases reactivos sobre el catalizador (Gul et al., 2022) y (Joshiba et al., 2022).

La cinética de adsorción permite explicar la velocidad con la cual el adsorbente actúa sobre el adsorbato logrando identificar el tiempo en el cual se logra el equilibrio, adicional a ello Sánchez (2018) indica que el proceso de adsorción de contaminantes puede ser descrito mediante el modelo de transferencia de masa, cinética de reacción o el uso en paralelo de ambos.

En ese sentido, el biocarbón producido mediante pirólisis muestra que la cinética de adsorción es de $1.66 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, siendo la capacidad máxima de adsorción de $45.45 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ obtenida a partir de la ecuación de la isoterma de Langmuir (Yan et al., 2020).

De acuerdo con (Arul et al., 2023) en su artículo científico “Enhanced removal of Pb (II) and Cd (II) ions from aqueous systems using coated magnetic nanoparticles in activated carbon derived from corncob waste” emplea la mazorca de maíz para elaborar carbón activado, partiendo por el lavado de la materia prima con agua destilada y secado al sol en un lapso de tiempo de 72 horas para luego someterlo en un horno a temperaturas de 120 °C durante 48 horas, seguido de ello se embulló en ácido sulfúrico de 18 N de concentración, y después se lavó con agua destilada hasta obtener un pH neutro del carbón activado, y finalmente llevó a molienda y tamizado del adsorbente hasta conseguir un tamaño homogéneo de 100 μm .

Así mismo, según (Li et al., 2022) en su artículo de investigación obtuvo mediante la síntesis de nanopartículas de hierro con biocarbon la eliminación de Pb (II), para ello copiralizó polvo de tallo de maíz con Fe_3O_4 . El uso de los modelos de pseudosegundo orden y Langmuir describen el proceso de absorción de Pb (II) e indican la capacidad máxima es de 337.83 mg/g a 25 °C, siendo el tiempo de equilibrio de 240 minutos y al valor de 7 de pH. Además, identificó que la proporción de la biomasa a Fe_3O_4 tiene una gran influencia en la capacidad de absorción ya que la proporción de 25:1 le permitió la eliminación superior al 94%.

Por otra parte, Rahimi, Zolgharnein y Dermanaki (2024) emplearon nanocompuesto de biocarbon magnético, para ello elaboraron carbón activado a partir de cáscaras de granada mediante el proceso de carbonización y activación; este nanocompuesto con nanopartículas magnéticas demostró una capacidad máxima de adsorción de 513.5 mg/g de Pb (II) según el modelo de isoterma de Langmuir – Freundlich en condición de pH de 5.4, asimismo el porcentaje de eliminación de PB (II) fue superior a 96 %.

De igual modo, Ji et al. (2020) elaboraron un adsorbente de harina de maíz y nanopartículas magnéticas, para lo cual se realizó un calentamiento a la temperatura de 500 °C y una velocidad de calentamiento de 10 °C/min, se empleó la isoterma de Langmuir que describe su capacidad de adsorción; se alcanzó el tiempo de equilibrio de adsorción de 50 minutos, siendo la capacidad máxima de adsorción de 66.84 mg/g para Pb (II) y en condición del valor de pH de 5, además la tasa de eliminación de dicho contaminante fue de 60%.

De acuerdo con Priyan, Kumar y Narayanasamy (2022) en su estudio titulado: “Toxicological assessment and adsorptive removal of lead (Pb) and Congo red (CR)

from water by synthesized iron oxide/activated carbon ($\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{AC}$) nanocomposite” de tipo experimental demuestran que el nanocompuesto de óxido de hierro/carbón activado ($\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{AC}$) sintetizado tiene un alto potencial para la eliminación de plomo y rojo Congo del agua, y que reduce la toxicidad de estos contaminantes sobre las semillas y los peces mediante un proceso de biosorción cuyo tamaño fue de 10 – 50 nm que se sometieron a 550 °C durante 3 horas para la obtención del carbón activado. Así mismo, indican que el nanocompuesto tiene una buena estabilidad térmica, una superficie rugosa y un comportamiento ferromagnético, lo que facilita su recuperación y reutilización. El estudio se basó en diferentes técnicas de caracterización, modelos de isoterma de Langmuir y Freundlich, y ensayos de toxicidad para evaluar las propiedades y el mecanismo de sorción del nanocompuesto; donde se observó que la máxima capacidad de biosorción es de alrededor de 79.38 mg/g para la biosorción de plomo (Pb) a un pH de 6, y de 38.60 mg/g para la biosorción de cromo (Cr) en un rango de pH de 5 a 6. en aguas de 5 – 6 de pH, y así el nanocompuesto logró la remoción de plomo en un 90.60% y de agua roja en 82.77%.

Según, Alswat et al. (2023) señalan en su estudio denominado: “Role of nanohybrid NiO– Fe_3O_4 in enhancing the adsorptive performance of activated carbon synthesized from Yemeni-Khat leave in removal of Pb (II) and Hg (II) from aquatic systems” cuenta con un gran rendimiento de adsorción del carbón activado sintetizado a partir de hojas de khat yemení en la eliminación de Pb(II) y Hg(II) de los sistemas acuáticos, donde se obtuvo el carbon a 400 °C en un tiempo de 4 horas, se evaluaron y aplicaron los efectos de varios parámetros, como el modelo de isoterma de Langmuir y Freundlich, la concentración inicial de Pb (II) y Hg (II) de 100 ppm/100 mL, la dosis de adsorbente de 100 mg y el reciclaje de adsorbentes, sobre la capacidad y la eficiencia de adsorción de NF/AC NC. Tras la aplicación de la nanohíbrido de NiO- Fe_3O_4 durante 30 minutos de contacto donde se obtuvo significativamente la eficiencia de adsorción de Pb (II) y Hg (II), alcanzando el 93.78% y el 99.71% de eliminación, respectivamente.

De acuerdo con Zhang et al. (2021) en su investigación: “Adsorption of Pb(II) and Cd(II) by magnetic activated carbon and its mechanism” se demostró que los carbones activados magnetizados (MAC) se crearon a partir de polvo de paja de colza tamizado en una malla 60, posteriormente activándolo y pirolizándolo a diferentes temperaturas como 300, 400 y 500 °C durante un tiempo de 2 horas, y luego magnetizándolo

mediante un método hidrotermal. El MAC-300 mostró la mayor capacidad de adsorción para Pb (II) (253.2 mg/g) y Cd (II) (73.3 mg/g) con un pH de 3 - 6. Los modelos de Freundlich y pseudo segundo orden describen adecuadamente las isothermas y cinéticas de adsorción, respectivamente, lo que sugiere que la adsorción depende principalmente de los puntos activos no uniformes en la superficie del material. La adsorción de Pb (II) y Cd (II) por MAC-300 es una reacción espontánea y endotérmica. La capacidad de adsorción de MAC-300 puede mejorarse aumentando el pH de la solución original. Se observó una adsorción competitiva en presencia de iones de alta valencia. Los mecanismos de adsorción incluyen atracción electrostática superficial, complejación superficial y coprecipitación. Por lo tanto, el material MAC tiene potencial para eliminar hasta el 87% de iones de los metales pesados estudiados de soluciones acuosas.

Así mismo, Deng et al. (2024) en su artículo científico: "Adsorption of Sb(III) and Pb(II) in wastewater by magnetic γ -Fe₂O₃-loaded sludge biochar: Performance and mechanisms" donde demuestra la adsorción de Pb (II) y Cd (II) por carbón activado magnético (MAC) preparado a partir de paja de colza y partículas de MnFe₂O₄ a temperaturas de 300 °C durante 1 hora, a su vez evidencia que el MAC mostró excelentes propiedades ferromagnéticas, estabilidad y reutilización, también se empleó modelos isotérmicos de Langmuir y Freundlich así mismo se conoció su alta capacidad de adsorción de Pb (II) y Cd (II) en solución acuosa cuyo pH se encontraba entre 3 - 6 que mantiene su eficacia en un 87% en ambos metales pesados, incluso reutilizado el MAC en 5 ciclos.

De acuerdo con Porras (2019) en su investigación "Mejoramiento de la calidad del agua de río Chillón utilizando carbón activado y nanopartículas de plata" elaboro carbón activado a base de eucalipto blanco con nanopartículas de plata, por medio de la carbonización del material y uso H₃PO₄ para la impregnación de los componentes, posteriormente de obtenido el adsorbente aplico 200 g de carbón activado y 30 mL de nanopartículas de plata en las aguas contaminadas, consiguiendo así optimizar los parámetros del agua; puesto que inicialmente el agua evidencio 7.45 de pH, 22 °C de temperatura, 260 uS/cm de conductividad eléctrica, DBO de 25 mg/L, DQO con 60 mg/L, y Pb presento 0.125 mg/L; luego del tratamiento los resultados que obtuvo fue que el Pb fue reducido 0.023 mg/L el equivalente a un

82% de eficiencia para retener el metal pesado; sin embargo, el DBO alcanzo los 4 mg/L y el DQO obtenido fue de 9 mg/L transcurrida las 48 horas.

Según, Gonzales y Segovia (2020) en su investigación denominada “Evaluación experimental e informatizada de la reducción de arsénico total en el agua potable distribuida en el distrito de Quequeña, Arequipa, utilizando sistemas de tratamiento basados en carbón activado de coronta de maíz blanco (*Zea mays* l) y cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*)” cuya materia prima fue de coronta de maíz blanco y cáscara de plátano las cuales fueron sometidas a un horno a temperaturas de 500 °C, seguido de ello se molió y tamizo hasta obtener un tamaño homogéneo de 0.25mm y se agregó H₃PO₄ para la obtención de 1 Kg de carbón activado; se distribuyó el adsorbente en tres carbones, siendo la primera hecha a base solo de coronta de maíz, la segunda mezcla tuvo una relación de 50/50 y la tercera solo era de cascara de plátano; así mismo las muestras de agua recolectadas y evaluadas sus parámetros iniciales, se evidencio que tenía un pH de 7.41, conductividad eléctrica 890 uS/cm, sólidos totales disueltos 440 ppm y arsénico (As) fue 0.014 mg/L. Tras la aplicación del precursor se determinó que el carbón activado que demostró una mayor eficiencia fue con la coronta de maíz, puesto que redujo el As en 0.0071667 mg/L; sin embargo, ya no se evaluaron más parámetros del agua tratada.

También en la investigación de Bobadilla y Leon (2022) de título “Remoción de Plomo (Pb) utilizando biofiltro con carbón activado de la cáscara de coco en el río Moche-Otuzco-2022” empleó las cascaras de coco en un horno a 500 °C durante 1 h para la obtención de carbón activado, preparo una dosis de 25 g/L y otra de 50 g/L para el tratamiento del agua, así mismo caracterizo el agua inicial evidenciando un pH de 3.20, Pb a 0.119 mg/L, conductividad eléctrica de 888 uS/cm y la turbidez de 290 NTU, solidos suspendidos totales de 210 mg/L. El tratamiento donde se usó el adsorbente duro 60 minutos de tiempo de contacto, nuevamente evaluó las características del agua presentando un pH de 3.93 y 5.35, conductividad eléctrica de 642 uS/cm y 673 uS/cm, la turbidez de 88.2 NTU y 61.3 NTU y las concentraciones de Pb obtenidas fueron de 0.05 mg/L y 0.01 mg/L, respectivamente a las dosis de carbón activado, demostrando así una eficiencia para la remoción de Pb en un 52.28% y 91.66%.

Según Bergdahl y Skerfving (2022), Mishra et al. (2023) y Das (2022), el plomo es un metal pesado que se considera un contaminante nocivo para el ambiente y para el

ser humano ya que tiene la capacidad de ingresar y acumularse en los sistemas de agua; además de poder distribuirse en el interior del cuerpo del ser humano afectando el sistema nervioso.

La actividad humana es la principal fuente que genera contaminación por metales pesados como el plomo en el agua; provocando una alteración del equilibrio y dañando los ecosistemas (Borah et al., 2023).

Por otra parte, Pabón et al. (2020) señala que la descarga de aguas residuales es una de las fuentes principales del aumento de la concentración de plomo agravando la contaminación de aguas ya que este es tóxico en concentraciones pequeñas.

El avance tecnológico de la industria ha generado un aumento de los productos residuales siendo el plomo uno de los más tóxicos ya que al no degradarse presenta la posibilidad de acumularse en agua y en los organismos acuáticos representado un factor tóxico el cual genera un peligro para el ambiente y la salud (Singh et al., 2023) y (Carmel et al., 2022).

La nanotecnología genera sostenibilidad ambiental debido a que genera el desarrollo de tecnologías ecológicas lo cual permite reducir el impacto hacia el medio ambiente; además posibilita la implementación de métodos de remediación (Kumar et al., 2024). Los nanomateriales que se generan e implementan favorecen a la economía circular por lo que su aporte al uso eficiente de recursos permite el desarrollo sostenible (Preethi et al., 2024).

Los nanomateriales tienen características que resultan eficientes para la eliminación del plomo que contamina el agua. Debido a su elevada superficie y el ínfimo tamaño, los nanomateriales resultan óptimos para adsorber el plomo presente en el agua (Barbhuiya, Barhoi y Giri, 2023).

Además, las técnicas de adsorción son consideradas económicas y eficientes al momento de tratar aguas contaminadas con iones de metales pesados. Los adsorbentes magnéticos permiten la adsorción de metales pesados además que pueden reciclarse y recuperarse (Tran, Huynh y Tran, 2023).

El potencial de hidrógeno (pH) es un parámetro que brinda la capacidad de poder discriminar un compuesto en base a las características de ácido-base que presenta. Su escala es de 1 a 14 siendo el 7 el valor neutro, el 1 el valor más ácido y el 14 el valor más básico o alcalino (Pagani y Ibañez, 2024), (Yan, 2022) y (Mondal, Das y Giri, 2023).

La conductividad eléctrica es una propiedad intrínseca del material, la cual es proporcional a la temperatura, esta indica la cantidad de corriente eléctrica que un material puede transportar cuando dicho material se somete a un voltaje (Chandran et al., 2023) y (Sundaram, 2022).

El potencial redox permite la medición del equilibrio entre la oxidación y reducción, para soluciones acuosas es análogo a la reacción de ácido-base ya que los reductores son donadores de electrones y los oxidantes son los aceptores de electrones (Khudyakov, 2024) y (Wu y Lin, 2022).

La turbidez del agua es un indicador de la transparencia del agua ya que es un parámetro que se relaciona con la disminución de la intensidad de la luz submarina la cual se encuentra relacionada con la estructura de los ecosistemas acuáticos (Ma et al., 2023) y (Mukarugwiro et al., 2023).

Se le considera sólidos totales a todo aquello que se encuentra presente en el agua el cual no es considerado como gases disueltos, pudiendo ser de origen orgánico o inorgánico cuyo origen proviene de las actividades antropogénicas (Fragoso, Rubiano y Kerguelen, 2021).

Los sólidos suspendidos totales es un parámetro que permite la caracterización del agua ya que indica la materia sedimentable y supra coloidal, teniendo en cuenta que la presencia de SST puede influenciar en la transmisión de luz lo cual posibilita la interacción con otras propiedades como la turbidez y transparencia (Thomas, Burgess y Thomas, 2022) y (Xu, Gao y Wang, 2020).

El oxígeno disuelto es un indicador de la calidad ambiental del agua el cual resulta de la disolución del oxígeno en el agua; este resulta importante para la fotosíntesis y animales en el ecosistema acuáticos. Hay factores que afectan la concentración como la temperatura, la presencia de plantas acuáticas y el material orgánico en descomposición del agua (Liu, 2020).

La demanda química de oxígeno, conocida por sus siglas DQO, es un parámetro que cuantifica la cantidad de oxidante que es consumido por las sustancias reductoras presentes en una muestra de agua, bajo condiciones específicas (Santos et al., 2022). Esta medida se expresa en términos de miligramos por litro (mg/L), así mismo las sustancias orgánicas son las principales reductoras en el agua. Por lo tanto, la DQO se convierte en un indicador esencial para evaluar la contaminación orgánica en diversas fuentes de agua, como ríos, lagos y aguas residuales procedentes de la industria (Jin et al., 2024).

Las nanopartículas de hierro tienen la capacidad magnética con una dimensión física menor a los 100 nm, y puede depurar el agua y las aguas residuales de metales pesados. Funciona como un adsorbente innovador para tratar metales pesados, tales como: Hg^{+2} , Cr^{+6} , Cu^{+2} , Ni^{+2} , Cd^{+2} , entre otros. La amplia superficie específica y la elevada capacidad reductora son las claves de su eficacia en la eliminación de metales pesados de las aguas residuales (Kumar et al., 2022).

Las partículas magnéticas nanométricas, como el óxido de hierro, poseen propiedades superparamagnéticas. Este es uno de los tres óxidos de hierro más comunes, siendo los otros dos FeO y Fe . Este último se encuentra en la naturaleza en forma de mineral de magnetita y también tiene características superparamagnéticas (Ganesh, Poornachandra y Pombala, 2017).

El método de impregnación sirve por su capacidad para mejorar la resistencia superficial al penetrar en la red de poros, su efecto en la reducción de la porosidad superficial y su habilidad para inhibir de manera agresiva el transporte químico asociado con esta técnica (Uğur et al., 2023). Este proceso se lleva a cabo a diferentes presiones, temperaturas, y tiempos de impregnación con el adsorbente (Saadati y Amani, 2022).

Científicamente denominado como *Ananas comosus*, pero conocida comúnmente como piña, es una planta herbácea perenne que produce frutas. Tradicionalmente, sus diversas partes se han utilizado para prevenir y tratar diversas afecciones. Es una fuente rica de vitaminas (A y C) y minerales (calcio y potasio). Además, tanto los frutos, que tienen un alto valor económico, como los tallos, son ricos en bromelina (Ugbogu et al., 2024). Los residuos de la piña, que contienen principalmente sacarosa, glucosa, fructosa, carbohidratos y otros nutrientes, son adecuados para la producción de biocombustibles y carbón activado (Nath et al., 2023). El tratamiento de los desechos de la piña, incluyendo la cáscara, el corazón, la punta de la corona y el orujo, ha mostrado ser prometedor para la obtención de productos bioenergéticos como bioetanol, biobutanol, biohidrógeno y biometano; y adsorbentes de metales pesados en cuerpos de agua (Bote et al., 2023).

La pirólisis es un proceso de transformación térmica que se utiliza para convertir residuos sólidos, principalmente en bioaceite y biocarbón, sin la presencia de oxígeno. Las condiciones específicas del proceso de pirólisis y los tipos de reactores utilizados dependen de los productos que se quieran obtener y de las características de los residuos sólidos (Adhikari, Nam y Chakraborty, 2018).

El proceso de pirólisis se lleva a cabo a temperaturas que varían entre 400°C y 800°C y se puede dividir en tres fases principales: la torrefacción (también conocida como pirólisis suave o leve), la pirólisis lenta y la pirólisis rápida. Durante el proceso de pirólisis, las moléculas de hidrocarburos de biomasa, que son grandes y complejas, se descomponen en moléculas de gas, líquido y carbón más pequeñas y sencillas. La pirólisis consiste en calentar biomasa u otro material en ausencia de aire u oxígeno a una velocidad determinada hasta alcanzar una temperatura máxima, conocida como temperatura de pirólisis, y mantenerla durante un período de tiempo específico. El tipo de producto resultante depende de varios factores, entre ellos la temperatura de pirólisis y la velocidad de calentamiento (Dwivedi et al., 2021).

La granulometría corresponde al número, forma y tamaño de las partículas, es un método común para estudiar la granulometría por tamizado manual utilizando varios tamices en un ambiente húmedo o seco. Este método separa las partículas en función de su tamaño y del tamaño de las mallas de los tamices. Se pesa cada fracción del material retenido en cada tamiz y se dibuja una curva de distribución acumulativa para determinar gráficamente el valor del tamaño medio de malla (Arteaga et al., 2021).

Otra forma de analizar la granulometría del bolo es el uso del análisis de imágenes, en este caso, se expresa en área, volumen o número de partículas y para adquirir la imagen con una cámara o un escáner, el material puede enjuagarse y/o secarse y extenderse sobre un pañuelo de papel, un papel transparente o, en algunos casos, esparcirse en una solución líquida como la de glicerol. (Duconseille et al., 2019).

La dosis eficiente se refiere a la cantidad óptima del adsorbente o solución que se debe agregar al influente para eliminar muestras orgánicas u otros agentes tóxicos de manera efectiva durante el tratamiento avanzado de aguas residuales o la purificación de agua potable. La dosificación eficiente busca maximizar la capacidad de adsorción, manteniendo al mismo tiempo la eficiencia energética y el uso del espacio (Jiang et al., 2023).

La adsorción es un proceso donde un sólido se utiliza para remover sustancias de un líquido o un gas (Ege y Pahinkar, 2023). Se refiere a la capacidad de un material para capturar y retener moléculas de agua dentro de su estructura porosa. Este proceso es importante para aplicaciones como sistemas de enfriamiento basados en adsorción y purificación de gases (Jin et al., 2024). La adsorción se caracteriza por la formación de una capa de moléculas adsorbidas en la superficie del material y es un fenómeno clave en muchos procesos industriales y de ingeniería (Guo et al., 2024).

La isoterma de Langmuir es un modelo que describe la adsorción de moléculas en una superficie sólida, formando una monocapa de adsorbato (Senniappan et al., 2023). Se basa en la suposición de que la adsorción ocurre en sitios específicos y homogéneos de la superficie, con una capacidad máxima de adsorción que corresponde a una cobertura completa de la monocapa (Rajahmundry et al., 2021). La isoterma de Langmuir se caracteriza por los sitios de adsorción lo cual supone que todos los sitios de adsorción son equivalentes y que cada sitio solo puede contener una molécula, la adsorción monocapa ya que se limita la formación de la capa de adsorbato a una sola capa de moléculas, el equilibrio dinámico puesto que considera que la adsorción y desorción son procesos reversibles que alcanzan un equilibrio dinámico y la saturación de la superficie propone que una vez que un sitio de adsorción está ocupado, no puede adsorber más moléculas, lo que lleva a una saturación de la superficie a altas concentraciones del adsorbato (Ezzati, 2020).

La isoterma de Freundlich se aplica para explicar la interacción entre el adsorbato y el adsorbente, propone una adsorción de múltiples capas en una superficie desigual, y la máxima adsorción se da cuando la superficie del adsorbente está completamente revestida por el adsorbato (Kimambo et al., 2023). Cuando la concentración del adsorbato es baja, el modelo se asemeja a la isoterma de Freundlich, pero a medida que la concentración del adsorbato aumenta, se convierte en la isoterma de Langmuir. Estos modelos ilustran cómo se distribuye la energía de adsorción en la superficie irregular del adsorbente (Rajahmundry et al., 2021).

La espectrofotometría de absorción UV/Vis es una técnica comúnmente empleada para la cuantificación de analitos, en particular en las concentraciones de especies que absorben otros componentes (Antony y Mitra, 2021). No obstante, un reto significativo es el error provocado por los contaminantes que interfieren en el espectro. Estos errores se producen cuando compuestos en la muestra, que son diferentes al analito de interés, se absorben en la misma región espectral (Yuan et al., 2022).

El tiempo de contacto se refiere al intervalo en el que la fase líquida y el carbón activado tienen la oportunidad de interactuar, lo que significa el período necesario para que las sustancias disueltas se muevan de la fase líquida hacia la superficie del carbón (Fundneider et al., 2021).

A su vez, se plantea como **hipótesis general**: H₁: La capacidad de adsorción del carbón activado de cáscara de *Ananas comosus* impregnadas con nanopartículas de

maghemita permite tratar Pb (II) de las aguas del río Chillón – Puente Piedra 2024. Además, de proponer las siguientes **hipótesis específicas**: H₁: Las características de elaboración e impregnación de biocarbón de *Ananas comosus* con maghemita influyen en la remoción de plomo (II) de las aguas del río Chillón, H₁: Las condiciones operacionales del biocarbón más maghemita, serán significativas en la reducción de Pb (II) en el agua del río Chillón, H₁: Las características físicas, químicas, biológicas, gravimétricas y de concentración de Pb (II) después del uso de biocarbón más maghemita mejoran la calidad del agua en el río Chillón, H₁: El biocarbón de *Ananas comosus* impregnadas con maghemita es eficiente para la remoción del contaminante Pb (II) presente en el agua del río Chillón.

II.- METODOLOGÍA

El desarrollo de la presente investigación se fundamenta en investigaciones teóricas como aplicadas, con la finalidad de aportar técnicas nuevas que benefician a la sociedad, dando repuestas a las interrogantes planteadas. Además, Contreras (2019), sostiene que la investigación aplicada busca la creación de un nuevo conocimiento técnico que pueda ser aplicado de inmediato a un determinado problema.

El diseño de la **investigación es experimental** donde se observa los cambios que ocasiona la variable independiente, cuando esta actúa en la variable dependiente. De acuerdo con Blas (2023), sustenta al diseño experimental como la manipulación de forma intencional de la variable independiente a fin de examinar los diferentes comportamientos que adoptan las variables dependientes.

En la Tabla 1 se muestra el diseño del presente trabajo el cual presenta el total de muestras analizadas.

Tabla 1: Diseño factorial de las muestras sometidas a tratamiento

		A			A: Tiene tres niveles
B	1	2	3	B: Tienes tres niveles	
1	(1,1)	(1,2)	(1,3)	A x B = 9	
2	(2,1)	(2,2)	(2,3)	Número de replicas	
3	(3,1)	(3,2)	(3,3)	3 x 3 x 3 = 27 observaciones	

El nivel de la **investigación es aplicativo, transversal y** tiene un **enfoque cuantitativo**, las que se plantearon como solución a la población en estudio, donde los resultados evaluados tuvieron resultados positivos en el procedimiento y dio respuesta estadísticamente para poder tener repetibilidad.

El enfoque cuantitativo se caracteriza por tener una continuidad, la cual puede ser sometida a comprobación, además permite el planteamiento de objetivos y la construcción de la perspectiva de la investigación, permitiendo la recolección de datos y su posterior análisis (Sánchez y Murillo, 2021).

Una variable se refiere a una cualidad, calidad o propiedad observable que puede tomar diversos valores y que puede ser cuantificado o medido en un estudio (Oyola, 2021).

Variable independiente: Carbón activado de cáscara de *Ananas comosus* impregnadas con nanopartículas de Fe.

Variable dependiente: Pb (II) en las aguas del río Chillón

La operacionalización se encuentra en el Anexo N°1, donde se tiene las variables, definición conceptual, definición operacional, las dimensiones, indicadores y las mediciones.

La población estuvo conformada por las aguas del río Chillón, que se encuentran dentro los límites del distrito de Puente Piedra. La población puede ser descrita como el grupo total de elementos en los que se examinarán las variables especificadas (Sucasaire, 2022).

La muestra fue tomada a la altura del fundo Soriano, de manera aleatoria, tomando 80 litros, utilizando el Protocolo Nacional para el monitoreo de recursos hídricos superficiales de acuerdo con la normativa de la Autoridad Nacional del Agua (ANA).

La muestra es un pequeño extracto de la población que permite extrapolar datos, así como la realización de inferencias permitiendo la generación de conclusiones de la población objetivo con un nivel de seguridad que permita garantizar la certeza a pesar de los errores calculables (Otzen y Manterola, 2017).

El método de muestreo fue no probabilístico pues se tomo a criterio el punto de recolección de la muestra a conveniencia de los investigadores.

Según Otzen y Manterola (2017) refieren que el muestreo no probabilístico nos brinda la facultad de seleccionar la muestra de maneras más conveniente para el investigador a fin de conducir su investigación.

La unidad de análisis es tomada de acuerdo a la necesidad para cubrir todos los análisis en cada uno de los tiempos planificados, teniendo un volumen de 2 litros.

La técnica que se utilizó en todo el proceso de la investigación fue la observación participativa.

De acuerdo con Sucasaire (2022), cuando se crea un instrumento para la recolección de datos, el objetivo es que este sea capaz de recopilar la máxima cantidad de información sobre un hecho específico de interés.

Los instrumentos de recolección de datos fueron tomados por fases como se indican en la Tabla 2.

Tabla 2: Instrumentos de recolección de datos

Fases de la investigación	Descripción
Fase 1	Recolección de muestra de agua
Fase 2	Características del biocarbón de <i>Ananas comosus</i> y su <i>impregnación con maghemita</i> para la remoción de plomo (II) de las aguas del río Chillón.
Fase 3	Condiciones operacionales del biocarbón más maghemita, para la reducción de Pb (II), en el agua del río Chillón.
Fase 4	Características físicas, químicas, biológicas, gravimétricas y de concentración de Pb (II) en el agua del río Chillón.
Fase 5	Dosis eficiente del biocarbón de <i>Ananas comosus</i> impregnadas con maghemita para remover el contaminante Pb (II) presente en el agua del río Chillón.

La validez de la investigación fue revisada por expertos en ingeniería Ambiental que de acuerdo con la normativa tienen que ser Magister o Doctor, con colegiatura del colegio de ingeniero del Perú, ello se detalla en la Tabla 3.

Tabla 3: Expertos que revisaron la investigación

Nombre y apellido del especialista	Profesional Magister o Doctor	N° de colegiatura vigente	Calificación (%)
Benites Alfaro Elmer Gonzales	Doctor	71998	90
Mendoza Apolaya Luis Fernando	Doctor	213529	95
Ordoñez Galvez Juan Julio	Doctor	89772	85

La confiabilidad estuvo realizada de acuerdo con la prueba V de Aiken el cual se presenta en la Tabla 4.

Tabla 4: Confiabilidad por prueba V de Aiken

Prueba V de Aiken
S: Suma de valoración de todos los expertos n: Número de expertos que participaron en el estudio

$v = \frac{S}{(n(c-1))}$	C: Valoración máxima por cada experto						
	Valoración promedio			S	n	c	V
Instrumentos	Experto 1	Experto 2	Experto 3				
Ficha 1: Recolección de muestra de agua	90	95	85	270	3	100	0.90
Ficha 2: Características del biocarbón de <i>Ananas comosus</i> y su impregnación con maghemita para la remoción de plomo (II) de las aguas del río Chillón.	90	95	85	270	3	100	0.90
Ficha 3: Condiciones operacionales del biocarbón más maghemita, para la reducción de Pb (II), en el agua del río Chillón.	90	95	85	270	3	100	0.90
Ficha 4: Características físicas, químicas, biológicas, gravimétricas y de concentración de Pb (II) en el agua del río Chillón.	90	95	85	270	3	100	0.90
Ficha 5: Dosis eficiente del biocarbón de <i>Ananas comosus</i> impregnadas con maghemita para remover el contaminante Pb (II) presente en el agua del río Chillón.	90	95	85	270	3	100	0.90
Promedio							0.90

La validación de los expertos fue de 0.90, por lo tanto, se acepta la relevancia de los instrumentos empleados para la investigación.

Fase 1: Recolección de muestra de agua

El área de estudio donde se obtuvo la muestra fue a la altura del fundo Soriano cerca del Puente río Chillón en las limitaciones de Puente Piedra tal como se muestra en la Figura 1.

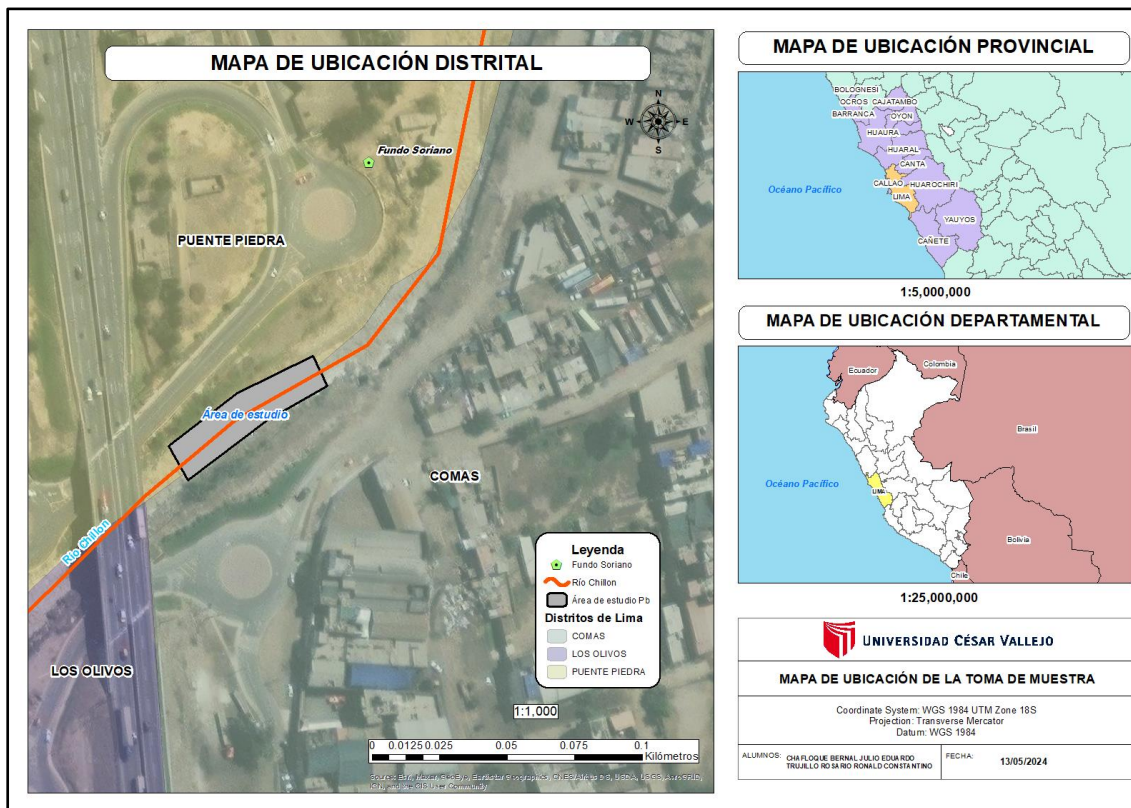


Figura 1: Ubicación de la toma de muestra

Así mismo, en la Tabla 5 se encuentra las coordenadas del área de estudio donde se realizó la toma de muestra.

Tabla 5: Georreferenciación del lugar de toma de muestra

Código	UTM-WGS84
GZTM-RCH	X: 18L 0274228 Y: 8681756

GZTM-RCH: Georreferenciación de la zona de toma de muestra en el río Chillón
 Los estándares de calidad ambiental (ECA), en el Decreto Supremo N°004-2017-MINAM, nos manifiesta de la calidad del agua que debe utilizarse para riego de cultivos contenido en la categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales donde en su subcategoría D1: Riego de vegetales el agua que se utiliza es consumida para riego de plantas de productos alimenticios de tallo corto como hortalizas. En la subcategoría D2: Bebida de animales como aves y conejos, tal como se evidencia en la Tabla 6.

Tabla 6: Parámetros fisicoquímicos e inorgánicos

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido	Agua de riego restringido	Bebida de animales
FSICOQUÍMICOS				
Temperatura	°C		≤ 3	≤ 3
Potencial de hidrogeno	Acido/base		6.5 – 8.5	6.5 – 8.4
Conductividad eléctrica	(uS/cm)		2500	5000
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/L		40	40
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	mg/L		15	15
INORGÁNICOS				
Plomo	mg/L		0.05	0.05

Adaptado de: D.S. N°004-2017-MINAM



Figura 2: Toma de muestra

En la Figura 2 se evidencia la toma de muestra en la zona de estudio de las aguas del río Chillón utilizando el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA), siendo un

cuerpo de agua lotico se tomaron las muestras de acuerdo al área que se toma en cuenta 50 metros aguas arriba y 50 metros aguas abajo siendo el punto central lugar de la recolección de muestra lugar donde las aguas no produzcan ningún tipo de turbulencia, utilizando el GPS y sus coordenadas en UTM – WGS84, teniendo un tipo de muestra denominada discreta, también se realizaron las siguientes mediciones in situ, temperatura del agua, pH, conductividad eléctrica, potencial redox, turbidez y el oxígeno disuelto.



Figura 3: Medición del caudal

Seguidamente se realizó la medición del caudal como se muestra en la Figura 3, buscando un tramo que tenía un tramo casi homogéneo midiendo el ancho del río y las profundidades donde se utilizó el método del flotador.

Fórmula:

$$Q = V * A \dots\dots \text{Ec. (1)}$$

Dónde:

Q: Caudal

V: Velocidad del flotador

A: Área de la sección transversal

Tras la aplicación del método del flotador se pudo determinar el valor del caudal del río Chillón en el momento de la toma de muestra el cual se evidencia en la Tabla 11



Figura 4: Medición de la sección transversal

Así mismo, se midió la profundidad del río Chillón para conocer la forma transversal del área de estudio, ello se evidencia en la Figura 4.



Figura 5: Filtración de aguas residuales domésticas

En el área de estudio se identificó la filtración de aguas residuales domésticas que entraban en contacto con el río Chillón tal como se muestra en la Figura 5, ello evidencia la contaminación del sistema hídrico por material biológico, incluso se constató la presencia de desechos urbanos a las orillas del cuerpo de agua.

Previo a llevar a cabo la recolección del agua, se requirió de equipos para realizar la toma de muestra, tales materiales se detallan en la Tabla 7.

Tabla 7: Materiales utilizados, equipos para la toma de muestra en río Chillón

Materiales	Cooler grandes, frascos de plásticos, baldes de plástico transparente, 5 y 10 litros, pizetas, refrigerantes, soguilla, guantes de vinilo. regla metálica de 1 metro.
-------------------	---

Soluciones y reactivos	Agua destilada, preservantes, solución estándar de pH y conductividad eléctrica.
Equipos	GPS, Cronometro, multiparámetro y botellas flotadoras
Equipos de protección personal	Botas de jebe, chaleco con cinta reflexiva, pantalón con cinta reflexiva, camisa manga corta, lentes, casco y arnés.

Fase 2: Características del biocarbón de *Ananas comosus* y su impregnación con maghemita para la remoción de plomo (II) de las aguas del río Chillón.

Ahora la obtención de cáscaras de piña fue realizada en el Mercado Mayorista Conzac del distrito de San Martín de Porres, en la sección de ventas de jugos y frutas fue recolectado de manera aleatoria simple una cantidad de 59 kg frescos; su georreferenciación se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8: Georreferenciación del mercado

Código	UTM – WGS84	
RAC-MSMP	X: -77.07169622	Y: -12.00548160

RAC-MSMP: Recolección de *Ananas comosus* en mercado de San Martín de Porres.



Figura 6: Armado del invernadero casero

Seguido de ello, se preparó el sistema invernadero como se evidencia en la Figura 6 pues es esencial para el secado de la materia prima recolectada a temperatura ambiente.



Figura 7: Limpieza de la cáscara de piña

Recolectado las cáscaras de piña se procedió a quitarle el exceso de la comida tal como se evidencia en la Figura 7 para así obtener una mayor cantidad de cáscara sola, ello con la finalidad de obtener un biocarbón real de cáscara de piña.

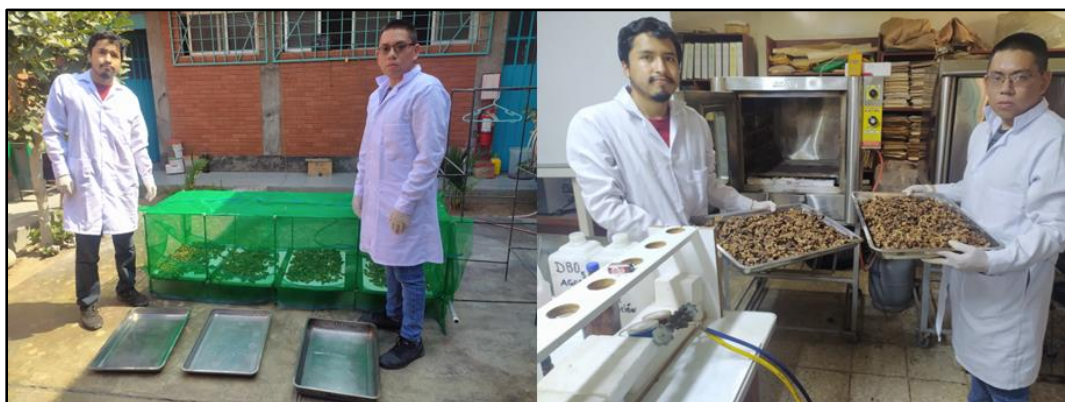


Figura 8: Secado de la cáscara de piña

Seguido de ello, se procedió a lavar con agua de caño, y ponerlo a secar por 4 horas en el ambiente para luego colocarlo a un sistema de invernadero con la finalidad de que estas sequen con mayor temperatura y no tengan contactos con insectos que podría contaminar a las cáscaras, el tiempo fue de 4 días, para luego sacar las cáscaras, cortarlas en trozos más pequeños y colocarlos en la estufa a 40 °C por 24 horas como se demuestra en la Figura 8. Así se obtuvo una humedad del 4% de la inicial para poder llevarlo al paso de pirolisis.

Los parámetros fisicoquímicos se tomaron a partir de las cáscaras de piña fresca, realizando un triturado con agua destilada en una relación de 1:2 llevando a agitación rotacional de 30 rpm por 45 minutos, para luego dejarlos a decantar durante 2 horas y posteriormente realizar las mediciones con un multiparámetro *Gondo Ezodo*,

realizando su calibración con estándares HANNA de pH 4, pH 7, y pH10, también se utilizó estándar para el electrodo de conductividad eléctrica de 1130 uS/cm.



Figura 9: Rendimiento de la piña

Además, para conocer el rendimiento de la cáscara de *Ananas comosus* se tomó un grupo de 4 piñas y se promedió la cáscara obtenida, ya que con dicho dato se pudo recolectar la cantidad de cáscara de piña que se necesita para realizar el nanocompuesto.

Fórmula:

$$\%R = \frac{W_{p_0} - W_{p_f}}{W_{p_0}} * 100 \dots\dots \text{Ec. (2)}$$

Dónde:

%R: Porcentaje de rendimiento de la cáscara de piña

W_{p_0} : Peso promedio inicial (Kg)

W_{p_f} : Peso promedio final (Kg)



Figura 10: Proceso de pirolisis

Luego para caracterizar al biocarbón el primer paso es convertir la cáscara de piña por el método termoquímico llamado pirolisis como se muestra en la Figura 10, el proceso se realizó con ausencia de oxígeno, donde se tuvo 3 etapas se llevó a 100 °C por 1 hora, luego se llevó a 200 °C por 1 1/2 hora, llevándolo a 250 °C por 1 hora, para finalmente llevarlo a 300 °C por 30 minutos el proceso fue lento para una mejor obtención de superficie de adsorción tuvo una duración de 4 horas.



Figura 11: Análisis granulométrico del carbón activado

El análisis granulométrico (Método ASTM D422) tal como se visualiza en la Figura 11 es cuando ya se tiene obtenido el biocarbón, el cual se lava con 20 litros de agua destilada y se seca en la estufa a 105°C por 2 horas para luego triturarlo y con 6 mallas de diferentes tamaños de aberturas, realizamos un análisis para determinar con ellos una prueba de adsorción por espectrofotometría UV/V, con azul de metileno y así elegir con que tamaño de partícula será la que se utilizará para elaborar el nanocompuesto con maghemita.

Fórmula:

$$\% \text{ Retenido} = \frac{W_r * 100}{W_{ms}} \dots\dots \text{Ec. (3)}$$

Dónde:

%RM: Porcentaje retenido en malla.

Wr: Peso retenido en la malla (g).

Wms: Peso de la muestra secada en la estufa (g).



Figura 12: Obtención del carbón activado

En la Figura 12 se observa la activación del biocarbón de cáscara de *Ananas comosus*, una vez conocido el tamaño de la partícula que presento mayor efectividad, se pasa la muestra total a esta malla para lavarlo con ácido clorhídrico de 1 M y dejarlo en remojo por 4 horas para luego llevarlo al pH de inicio de la cáscara, secarlo en la estufa a 100 °C hasta peso constante, guardar en bolsa hermética para que este no se contamine ya que cuando se activa tiene una capacidad de adsorción bien alta.

Formula:

$$\% \text{ Peso seco} = \frac{(\text{Peso inicial} + \text{peso de tara}) - (\text{Peso final} + \text{tara})}{(\text{Peso inicial} + \text{peso de tara}) - (\text{Peso de tara})} * 100 \dots\dots \text{Ec. (4)}$$

Parámetros físicos del biocarbón de cáscara de *Ananas comosus*

Materia volátil (%) (Método: ASTM D-3175)
 Se determina después de realizar la humedad a 900 °C x 7 minutos, se enfría y se pesa.
 Formula:

$$MV (\%) = \frac{\text{Peso: (C + MHS)} - \text{Peso: (C + M900}^\circ\text{C)}}{\text{Peso: MS}} * 100$$

Carbono fijo (%) (Método: ASTM D-3172)
 El carbono fijo es la diferencia de la materia volátil más la ceniza a partir del 100%.
 Formula:

$$\text{Ceniza (\%)} = 100 - (MV\% + C\%)$$

Cenizas (%) (Método: ASTM D-5142)
 Se toma el peso de la materia volátil y se lleva a 900°C hasta un peso constante.
 Formula:

$$C (\%) = \frac{\text{Peso: (M + MV)} - \text{Peso: (MC)}}{\text{Peso: (M + MV)}} * 100$$

Humedad (%) (Método: ASTM D-2216)
 Es un parámetro físico donde el resultado obtenido es un peso constante en la estufa a 105°C
 Formula:

$$\text{Humedad (\%)} = \frac{\text{Peso: (C + MH)} - \text{Peso: (C + MS)}}{\text{Peso muestra (g)}} * 100$$

Figura 13: Parámetros físicos del biocarbón de cáscara de *Ananas comosus*

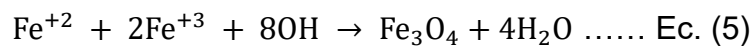
Los parámetros físicos del biocarbón como se muestra en la Figura 13 se determinan por medio de diferentes métodos que evalúan su materia volátil, carbono fijo, cenizas y humedad del adsorbente.



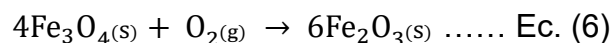
Figura 14: Obtención de maghemita

En la Figura 14 se evidencia la obtención de nanomaghemita (Método Termodinámico y Termoquímica) a través de la magnetita obtenida y elaborada, de donde, a partir de esta se obtuvo la maghemita, la cual se realizó por oxidación de la magnetita, donde se debe ajustar el pH a 3.5, utilizando HCl para realizar la transformación por el periodo de 4 horas a 60 °C generando un cambio de color de negro azulejo a marrón rojizo para enfriarlo a temperatura ambiente, y realizar una separación de la solución utilizando filtración por vacío, aquí podemos observar que el resultado es la maghemita (γ - Fe_2O_3).

Reacción química de obtención de magnetita



Reacción de obtención de maghemita

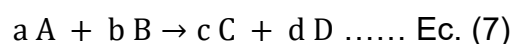


Entalpia

Determinación de la entalpia de reacción (ΔH_r)

Se utilizo la termodinámica, la que se da en condiciones estándar a una T 25 °C con una presión de 1 atm donde se utiliza la ΔH_f .

Fórmula:



Reactantes → Producto

$$\Delta H_r = (c * \Delta H_f^{\circ} C) + (d * \Delta H_f^{\circ} D) - (a * \Delta H_f^{\circ} A) + (b * \Delta H_f^{\circ} B) \dots\dots \text{Ec. (8)}$$

Dónde:

ΔH_r : Entalpia de reacción (Kcal/mol)

c, d, a, b: Coeficientes estequiométricos

A, B, C, D: Reactantes y productos

En consecuencia:

$$\Delta H_r = \Sigma n_p * \Delta H_f^{\circ} p - \Sigma n_r * \Delta H_f^{\circ} R \dots\dots \text{Ec. (9)}$$

Dónde:

n_p : Coeficientes del producto

n_r : Coeficientes de los reactantes

$\Delta H_f^{\circ} p$: Entalpia de formación del producto

$\Delta H_f^{\circ} R$: Entalpia de formación de los reactantes.

Método Estequiométrico:

Paso 1: Balancear la reacción química

Paso 2: Hallar los g/mol de los reactantes y productos

Paso 3: Entalpias de formación

Paso 4: Determinar el resultado



Figura 15: Obtención del carbón activado más maghemita

En la Figura 15 se muestra que para obtener el nanocompuesto se trabajó con una granulometría de malla N°100 (0.150 mm) y FeCl_3 ; el proceso es aeróbico por agitación radial siendo el tiempo de 2 horas cuando se encuentra en estado pastoso a temperatura de 100 °C para luego filtrar y llevarlo a la estufa a secar hasta peso

constante aproximadamente 4 horas, se debe variar el pH a 3.5 utilizando HCl concentrado Qp. Se observó que en el tiempo de agitación esta fue desprendiéndose y cambiando de color negro azulado a marrón rojizo.



Figura 16: Conservación del adsorbente

De acuerdo al tratamiento se utilizó la precipitación, terminado el proceso a 100°C, como se muestra en la Figura 16 se guardó la solución en frascos herméticos para prevenir la contaminación de la muestra en estado coloidal. Además, se realizó el filtrado para reducir la pérdida de muestra; dejando que la oxidación se realice a temperatura ambiente.

Cuando ya tenemos que remover la maghemita debe realizarse con cuidado para no perder muestra y tampoco arrastrar partículas del papel filtro, luego se pone a secar a 40°C y así también el polvo se vuelve marrón – rojizo.

La determinación de la velocidad química (pseudoprimer orden) se conoce por la siguiente fórmula:

$$\ln [A]_t = -K t + \ln [A]_0 \dots\dots \text{Ec. (10)}$$

$$y = m x + b \dots\dots \text{Ec. (11)}$$

Fórmula lineal del primer orden

Dónde:

y: concentración del reactante en el tiempo (experimental)

m: pendiente formado por la línea del adsorbente (K)

x: tiempos que pasan en la prueba experimental (t)

$\ln [A]_0$: concentración inicial

La prueba del pH (Método turbidimetría) fue utilizando la muestra del río Chillón, al que se le midió su turbidez (NTU) para obtener la variación del pH se utilizó HCl, dejando un tiempo de 15 minutos y analizar cada muestra la que decide el pH de tratamiento de la muestra siendo estos 2, 4, 5, 7, 9, 10.

Fórmula:

$$\text{pH} = -\log_{10}(\text{H}^+) \leftrightarrow [\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} \dots\dots \text{Ec. (12)}$$

$$\text{pOH} = -\log_{10}(\text{OH}^-) \leftrightarrow [\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}} \dots\dots \text{Ec. (13)}$$

$$\text{pH} + \text{pOH} = 14 \dots\dots \text{Ec. (14)}$$

Fase 3: Condiciones operacionales del biocarbón más maghemita, para la reducción de Pb (II), en el agua del río Chillón.

Ya obtenido el carbón activado con maghemita, se procedió a evaluar la capacidad de adsorción por medio de la prueba de azul de metileno tal como se evidencia en la Figura 17.

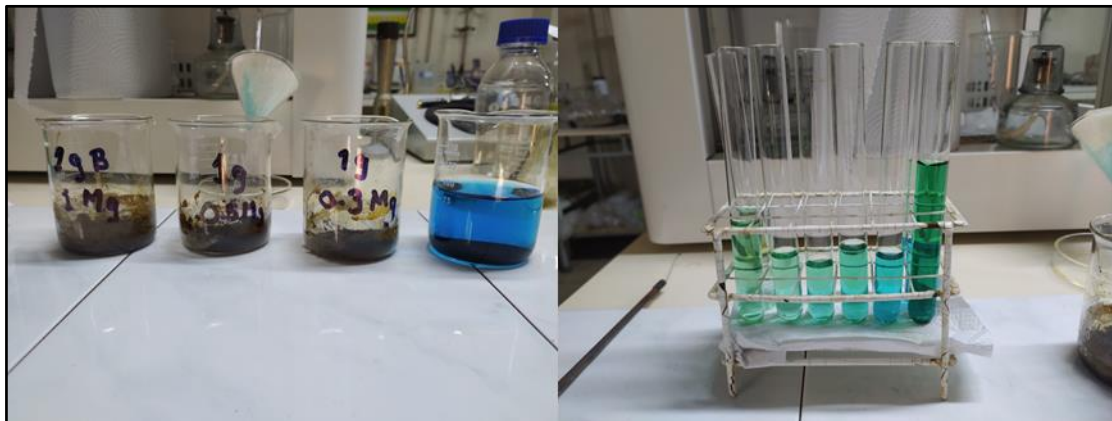


Figura 17: Prueba de adsorción para el adsorbente

La prueba de adsorción se conoce por medio de la combinación del biocarbón más maghemita puesto que forman un nanocompuesto que al ser secado en la estufa a 100 °C por 4 horas estas se encontraron listas para realizar la prueba de adsorción, donde se utilizó azul de metileno de 50 ppm como patrón y obtener a partir de ahí una solución de 4 ppm, trabajando con un volumen de 100 mL a temperatura de 25°C, se trabajó con biocarbón de malla N°100 y nanopartículas de maghemita impregnadas.

Ecuación de ley de las diluciones:

$$V1 * C1 = V2 * C2 \dots\dots \text{Ec. (15)}$$

La prueba de adsorción (Método de Espectrofotometría UV/V) se realizaron con 6 repeticiones, donde la maghemita era la variable en sus pesos diferentes los cuales fueron de 0.0005 g, 0.0010 g, 0.0050 g, 0.010 g, 0.0556 g, 0.1000 g. el peso de biocarbón 0.5 g constante para todas las pruebas.

Ecuación de Ley de Lambert - Beer:

$$\text{Absorción} = -\log (\%T/100) \dots\dots \text{Ec. (16)}$$

$$\text{Concentración (ppm - mg/L)} = \frac{\text{Absorción}}{\text{Constante K}} \dots\dots \text{Ec. (17)}$$

La prueba de cinética del adsorbato y adsorbente (Equilibrio) se realizó en 8 tiempos los que fueron 2 minutos, 4 minutos, 6 minutos, 8 minutos, 10 minutos, 12 minutos, 14 minutos, 16 minutos, donde la concentración inicial fue de 4 ppm sus resultados se evaluaron por espectrofotometría UV/V a una longitud de onda 420 nm. Aquí se pudo observar al adsorbente y el comportamiento del adsorbato como se reducía en su concentración donde la prueba es realizada con el compuesto biocarbón más maghemita en un 0.01% de la materia prima.

Ecuación:

$$\% \text{ Reducción} = \frac{C_i - C_f}{C_i} \cdot 100 \dots\dots \text{Ec. (18)}$$

Dónde:

C_i : Concentración inicial (ppm)

C_f : Concentración final (ppm)

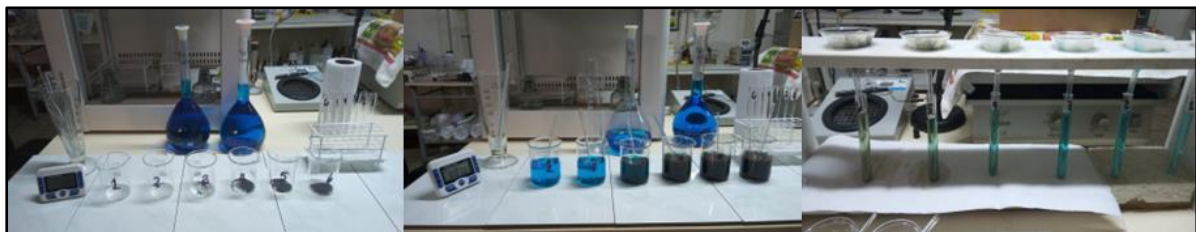


Figura 18: Prueba Langmuir y Freundlich para el adsorbente

En la Figura 18 se evidencia la prueba de Isoterma de Langmuir y Freundlich, se da cuando se tiene corroborado la adsorción en el adsorbato que la realiza el adsorbente, entonces se toman 6 pesos de biocarbón más maghemita y se realiza una corrida en un tiempo constante de 10 minutos los que son evaluados con la formula lineal de Langmuir y con la formula logarítmica de Freundlich corroboramos la relación de absorbancia para tomar la decisión cual es el más recomendable, fundamentalmente verlos por la ecuación de la recta si sus valores tienen una distribución aceptable.

Ecuación de la Isoterma de Langmuir:

$$\frac{C}{q} = \frac{1}{b} \cdot C + \frac{1}{K \cdot b} \dots\dots \text{Ec. (19)}$$

Dónde:

q: Cantidad adsorbida en el adsorbente (ppm)

C: Reducción en el adsorbato (ppm)

K: Fuerza de atracción (Vander Waals)

b: máxima absorbancia del biocarbón.

Ecuación de la Isoterma de Freundlich:

$$\log\left(\frac{x}{m}\right) = \left(\frac{1}{n}\right) \log(ce) + \log(Kf) \dots\dots \text{Ec. (20)}$$

$$y = a + bx \dots\dots \text{Ec. (21)}$$

La malla utilizada para la dosis del biocarbón impregnado con nanopartículas de maghemita es de 0.150 mm (malla N°100), el peso del biocarbón es constante para los tres filtros que tendrán el filtro 1 (300 g de biocarbón + 100 g de maghemita), filtro 2 (300 g biocarbón + 200 g maghemita) y filtro 3 (300 g biocarbón + 300 g maghemita), el volumen del tanque primario es de 80 litros de agua del río Chillón, donde la unidad muestral es de 2 litros que tendrán cada filtro en 9 tiempos, con un diseño exponencial de 3x3x3. Tendrán un sistema de oxidación tipo Venturi para mejorar el DQO de la muestra, y tener una calidad de agua para riego y bebida de animales de acuerdo a los estándares de la calidad del agua.

Los tiempos de contactos son de 15 minutos, 30 minutos, 45 minutos, 60 minutos, 75 minutos, 90 minutos, 105 minutos, 120 minutos y 135 minutos para los tres filtros,

analizando los parámetros de la caracterización inicial y observar cual es la más eficiente.



Figura 19: Armado del sistema de tratamiento para las aguas del río Chillón

El diseño del sistema de tratamiento se muestra en la Figura 19, cuenta con el efecto Venturi donde forma un espacio vacío que jala el aire de alrededor hacia el tubo expuesto. Luego, este aire se mezcla con el líquido que se está bombeando. Cuando se expulsa esta mezcla, ayuda a que el líquido reciba más oxígeno.

Fase 4: Características físicas, químicas, biológicas, gravimétricas y de concentración de Pb (II) en el agua del río Chillón.

Luego del tratamiento se realizó la evaluación de los parámetros esenciales del agua, además de medir nuevamente las concentraciones de Pb en las muestras tratadas.

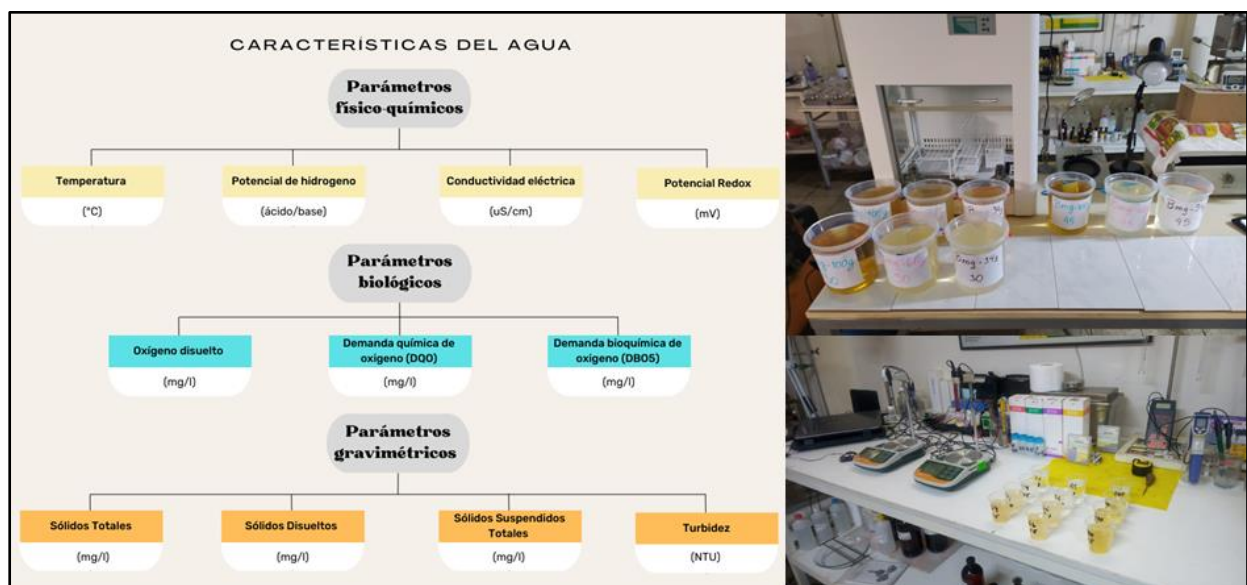


Figura 20: Características del agua tratada

Para la determinación de la concentración inicial del Pb (II) (Método EPA 3050) se visualiza en la Figura 20 que se evaluó 100 mL de la muestra, se agregó 3 mL de HCl y 9 mL de HNO₃, llevándolo a una plancha de digestión hasta estado pastoso, se le agrega HCl 10 mL para dar el medio ácido para analizar por absorción atómica.

Fase 5: Dosis eficiente del biocarbón de *Ananas comosus* impregnadas con maghemita para remover el contaminante Pb (II) presente en el agua del río Chillón.

La prueba de hipótesis se dio empleando el SPSS 26 el cual nos permitió que determinamos si las hipótesis planteadas por la investigación aceptaron la hipótesis del investigador o la nula, utilizando la correlación de acuerdo a los comportamientos en todo el proceso del tratamiento.

Los porcentajes de reducción del contaminante plomo en el agua del río Chillón serán para identificar la dosis más eficiente del proceso de acuerdo a las cantidades de maghemita en cada filtro.

Ecuación:

$$\% \text{ Reducción} = \frac{C_i - C_f}{C_i} \cdot 100 \dots\dots \text{Ec. (22)}$$

C_i: Concentración inicial (mg/L)

C_f: Concentración final (mg/L)

El nanocompuesto fue evaluado para poder corroborar la adsorción del contaminante Pb (II) de las aguas de la zona de estudio del río Chillón.

El método de análisis de datos para los valores que se obtuvieron en las pruebas descritas en el presente estudio fueron llevadas a cabo mediante el uso del programa estadístico SPSS 26 los cual nos permitió evaluar las hipótesis planteadas, así mismo se empleó el programa ArcGIS para la generación de mapas, como la ubicación de la toma de muestra, y se utilizó el software Excel para la elaboración de tablas.

Los aspectos éticos para esta investigación se llevaron a cabo con un fuerte énfasis en los valores fundamentales, como la honestidad, que se reflejaron especialmente en la recolección y análisis de datos. Se ha mostrado respeto por los paradigmas, perspectivas y modelos propuestos por diversos autores, citándolos en reconocimiento a sus valiosas contribuciones.

Además, el proyecto de investigación aplico las directrices de las normas ISO 690 y 690-2 para atribuir los créditos de los autores revisados y adherido a la resolución N°0262-2020 de ética de la Universidad César Vallejo.

III.- RESULTADOS

La investigación aplicada brindo datos estadísticos para sustentar los objetivos trazados que fueron respondidos en los siguientes resultados.

Comenzando con el cálculo de la medida del caudal del río que fue necesario para conocer el volumen de agua que atraviesa en la superficie por un tiempo definido, es por ello que fue necesario medir la distancia que recorrió el flotador y el tiempo que le tomo recorrer dicho tramo. Ello se detalla en la Tabla 9.

Tabla 9: Tiempo transcurrido del flotador (Método del Flotador)

Flotadores	Tiempo (segundos)	Distancia del recorrido (cm)
Lanzamiento 1	20.77	1200
Lanzamiento 2	19.56	1200
Lanzamiento 3	21.45	1200
Lanzamiento 4	20.35	1200
Lanzamiento 5	18.62	1200

En ello se obtuvieron datos bastante semejantes en relación al tiempo en los diferentes lanzamientos de los flotadores.

Seguido de ello, en la Tabla 10 se midió el ancho y las profundidades del río para conocer el corte transversal

Tabla 10: Profundidad de corte transversal en zona de estudio

Mediciones	Profundidad (cm)	Ancho del río (cm)
Profundidad 1	5	1800
Profundidad 2	20	1800
Profundidad 3	45	1800
Profundidad 4	53	1800
Profundidad 5	56	1800
Profundidad 6	60	1800
Profundidad 7	52	1800

Profundidad 8	43	1800
Profundidad 9	32	1800
Profundidad 10	21	1800
Profundidad 11	8	1800
Profundidad 12	3	1800

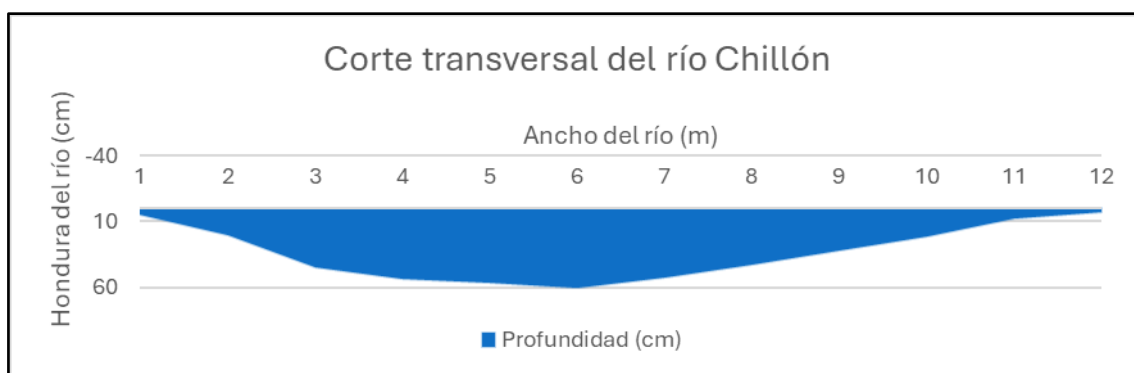


Figura 21: Corte transversal del río Chillón

Así mismo, en la Figura 21 se muestra el corte transversal del río Chillón en el área del estudio donde se realizó la toma de muestra.

Tras la obtención de dichos valores se procedió a promediar los datos recolectados para calcular el caudal que se define en la Tabla 11.

Tabla 11: Determinación del caudal de la zona de estudio (Método del flotador)

Velocidad del flotador (cm/seg)	Profundidad de corte (cm)	Área de corte (cm ²)	Caudal (m ³ /s)
20.15	33.167	59700.6	1.202

En la Tabla 11 se obtuvo como resultado que el río Chillón presenta un caudal de 1.202 m³/s en el momento que se realizó la toma de muestra.

Previo a llevar la muestra de agua a ser analizado en el laboratorio, se midieron algunos parámetros en el lugar de la toma de muestra (*in situ*), donde en la Tabla 12 se visualizan tales valores.

Tabla 12: Parámetros fisicoquímicos (*in situ*)

Muestra	Temperatura (°C)	Potencial de hidrogeno (pH)	Conductividad eléctrica (uS/cm)	Potencial redox (mV)	Turbidez (NTU)
PFQ - IN SITU	21.6	6.35	1875	245.6	225.3

PFQ - IN SITU: Parámetros físicos químicos tomados en el lugar de muestreo

Con el apoyo de equipos se pudo obtener de manera *in situ* los parámetros del agua donde la temperatura del agua se encontraba a 21.6 °C, así mismo se identificó que el nivel de potencial de hidrogeno se encontraba a 6.35 significando que es ligeramente ácido, también se pudo conocer la conductividad eléctrica que fue de 1875 uS/cm, así mismo el potencial redox obtenido fue de 245.6 mV con una turbidez de 225.3 NTU.

Tabla 13: Oxígeno disuelto (Método Winkler)

Muestra	Volumen de muestra (mL)	Volumen gastado en muestra (mL)	Normalidad del tiosulfato de sodio (N)	Oxígeno disuelto (mg/L)
OD - in situ	100	1.2	0.025	2.42

Así mismo, se preparó una muestra de 100 mL y se le agrego 1.2 mL de tiosulfato de sodio cuya normalidad fue de 0.025 N para así obtener el oxígeno disuelto que fue de 2.42 mg/L, estos datos se observan en la Tabla 13, el cual no se encuentra dentro del rango establecido por el D.S. 004-2017-MINAM en la categoría 3 de riego de vegetales.

Ya determinado los valores de manera *in situ*, la muestra recolectada se llevó a laboratorio para el análisis de concentración de plomo inicial y demás parámetros del agua con más relevancia para la investigación.

Tabla 14: Parámetros fisicoquímicos iniciales del agua (Método potenciométrico)

Muestra	Temperatura (°C)	Potencial de hidrogeno (acido/base)	Conductividad eléctrica (uS/cm)	Potencial redox (mV)	Turbidez (NTU)
CARCH - PFQ	21.7	6.37	1878	245.8	225.4

En la Tabla 14 figuran los resultados obtenidos en el laboratorio, las cuales fueron muy similares a los que se realizaron de forma *in situ* en las Tablas 12 y 13, variando ligeramente los parámetros del agua tales como la temperatura donde se obtuvo 21.7 °C, el nivel de pH fue de 6.37 es decir que aún permanecía ligeramente ácido y así sucede de igual manera con el resto de valores.

Tabla 15: Sólidos totales (Método gravimétrico)

Muestra	Peso de tara (g)	Peso de tara + peso MS (g)	Volumen de muestra (mL)	Sólidos totales (mg/L)
CARCH-ST	66.2617	68.3641	100	21024

En la Tabla 15 se cuenta con el peso inicial del filtro que fue de 66.2617 g, luego se le paso un volumen de la muestra de 100 mL alcanzando el filtro un nuevo peso de 68.3641 g donde se obtuvo el valor de 21024 mg/L para sólidos totales.

Tabla 16: Sólidos disueltos (Método gravimétrico)

Muestra	Peso de tara (g)	Peso de tara + peso MS (g)	Volumen de muestra (mL)	Sólidos disueltos (mg/L)
CARCH - SD	63.2637	64.4565	100	11928

Así mismo sucede con la Tabla 16 donde el peso inicial de la tara fue de 63.2637 g, y una vez pasado la muestra de agua alcanzo a pesar 64.4565 g, logrando contener 11928 mg/L de solidos disueltos.

Tabla 17: Sólidos suspendidos totales (Método filtración en vacío)

Muestra	Peso de tara (g)	Volumen gastado en muestra (mL)	Volumen de muestra (mL)	Sólidos suspendidos totales (mg/L)
CARCH - SD	0.0821	0.5242	100	4421

Asu vez, en la Tabla 17 se obtuvo los sólidos suspendidos totales que disponía la muestra de 100 mL fueron de 4421 mg/L, es decir que contiene una gran cantidad de sustancias que afectan la calidad del agua.

Tabla 18: Oxígeno disuelto (Método Winkler)

Muestra	Volumen de muestra (mL)	Volumen gastado en muestra (mL)	Normalidad del tiosulfato de sodio (N)	Oxígeno disuelto (mg/L)
CARCH - OD	100	1.1	0.025	2.21

El paso consecuente en laboratorio se realizó la determinación de oxígeno disuelto tal como se muestra en la Tabla 18, para ello se empleó 100 mL de muestra del agua de río Chillón en la cual se gastó 1.1 mL y se empleó el método Winkler mediante la aplicación de la solución de tiosulfato de sodio a 0.025 N obteniendo como resultado 2.21 mg/L, valor que corrobora el valor *in situ*.

Tabla 19: Demanda química de oxígeno (DQO) (Método del dicromato)

Muestra	Volumen de muestra (mL)	Volumen gastado en muestra (mL)	Normalidad del sulfato ferroso (N)	Demanda química de oxígeno (mg/L)
CARCH - DQO	3	0.9	0.25	1466.67

La determinación del DQO mediante análisis en laboratorio fue de 1466.67 mg/L tal como se evidencia en la Tabla 19, para ello se empleó el método de dicromato mediante el cual se aplicó la solución de sulfato ferroso a 0.25 N y 3 mL de muestra, cuyo volumen gastado fue de 0.9 mL. Este valor obtenido se debe a la alta turbidez de la muestra y al bajo valor de oxígeno disuelto.

Tabla 20: Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) (Método Winkler)

Muestra	Volumen de dilución (mL)	Oxígeno disuelto inicial (mg/L)	Oxígeno disuelto final (mg/L)	Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L)
CARCH - DBO ₅	0.01	8.1	0.01	809.00

La determinación del parámetro de DBO₅ en laboratorio fue mediante la aplicación del método Winkler, en la Tabla 20 se obtuvo como resultado el valor de 809.00 mg/L siendo del oxígeno disuelto el valor inicial de 8.1 mg/L y el valor final de 0.01 mg/L

Tabla 21: Plomo (II) en aguas del río Chillón

Muestra	Volumen de muestra (mL)	Concentración para AA (mg/L)	Medio ácido (mL)	Plomo (II) (mg/L)
CARCH - DQO	100	100/10	HCl	0.808

Para la determinación de plomo se empleó una muestra de 100 mL de agua del río Chillón, como se detalla en la Tabla 21, y cuyo valor obtenido fue de 0.808 mg/L; valor que supera el estándar de calidad ambiental para agua superficial de categoría 3 el cual indica que el valor de la presencia de plomo no debe superar 0.05 mg/ L. La categoría del río Chillón está determinada en el informe N° 062-2012-ANA-DGCRH/MBR.

Acorde al **primer objetivo específico** planteado en la investigación se determinó las características de elaboración e impregnación de biocarbón de *Ananas comosus* con maghemita para la remoción de plomo (II) de las aguas del río Chillón, las cuales detallan los siguientes resultados:

Luego de la recolección de la materia prima se procedió con la caracterización de la cáscara de piña, ello se evidencia en la Tabla 22.

Tabla 22: Parámetros físicos y químicos de la cáscara de piña

Código	Potencial de hidrogeno (acido/base)	Conductividad eléctrica (uS/cm)	Potencial redox (mV)	Humedad (%)
PFQ-CPF	6.5	890	198.3	52

PFQ-CPF: Parámetros físicos y químicos de la cáscara de piña fresca

Se realizó la caracterización de la piña mediante la cual se obtuvo que el pH es ligeramente ácido de 6.5 y cuyo porcentaje de humedad es del 52%. Por otra parte, también se obtuvo el valor de 890 uS/cm de conductividad eléctrica y 198.3 mV de potencial redox.

Tabla 23: Reducción de cáscara de piña seca

Código	Peso inicial piña entera (g)	Peso de cáscara húmeda (g)	Peso de cáscara seca 40 °C * 24 horas (g)	Reducción (%)
Piña 1	895	485	145.5	70.103
Piña 2	1210	490	147.8	69.836
Piña 3	965	470	141.9	69.808
Piña 4	990	495	148.7	69.959
Total	4060	1940	583.9	69.926

Asimismo, en la Tabla 23 se determinó el porcentaje de reducción el cual fue fundamental ya que sirvió para observar en cuanto se reduciría el peso de estudio de la piña y así poder obtener el peso necesario del residuo de esta.

Para ello se emplearon 4 piñas cuyo peso inicial total fue de 4060 g y del cual se obtuvo 1940 g de cáscara húmeda de residuo que al cabo de 24 h a una temperatura de 40 °C se convirtió en 583.9 g, lo cual nos indicó que el promedio del porcentaje de reducción fue de 69.926%.

Tabla 24: Rendimiento de cáscara de piña seca

Peso total cáscara húmeda/ C/residuos (g)	Peso total de cáscara S/residuos (g)	Peso cáscara seca 40 °C * 24 horas (g)	Reducción de cáscara humedad (%)	Rendimiento de cáscara seca (%)
59000	32340	9993.4	69.098	30

En base a lo anteriormente mencionado se recolectó de manera aleatoria 59 kg de cáscara, en cuyo acondicionamiento solo se trabajó con cáscara de la cual se perdió un 45.19% de su peso húmedo, para luego ponerlo a secar por el período de tiempo de 4 días a temperatura ambiente y 24 horas a 40 °C teniendo una reducción del 69.098 % lo cual se corrobora en la Tabla 24, y obteniendo un peso seco listo para realizar la pirolisis que fue de un rendimiento del 30% siendo de 2998.2 g.

Tabla 25: Humedad del biocarbón más maghemita (Método: Norma ASTM D -2216)

Muestra	Peso de crisol (g)	Peso del C + MH (g)	Peso de muestra (g)	Peso C + MS (g)	Humedad (%)
B+M	48.4266	50.7622	2.3356	50.3511	17.60

Se preparo una porción de carbón activado con maghemita para conocer la humedad registrando en la Tabla 25 un valor del 17.60%.

Tabla 26: Materia volátil biocarbón más maghemita (Método: Norma ASTM D - 3175)

Muestra	Peso de crisol (g)	Peso del C + MH (g)	Peso de muestra (g)	Peso C + MS (g)	Materia volátil (%)
----------------	-----------------------------------	--------------------------------	------------------------------------	--------------------------------	------------------------------------

B+M	24.6626	25.3815	1.0084	25.1838	19.61
-----	---------	---------	--------	---------	-------

De igual manera en la Tabla 26, se alisto una pequeña porción de carbón activado con maghemita para conocer la materia volátil obteniendo un valor del 19.61%.

Tabla 27: Ceniza del biocarbón más maghemita (Norma ASTM D - 5142)

Muestra	Peso de crisol (g)	Peso del C + MH (g)	Peso de muestra (g)	Peso C + MS (g)	Ceniza (%)
B+M	28.8049	29.7526	0.6477	29.1211	33.36

Incluso, se tomó una porción de carbón activado con maghemita para determinar la ceniza dando como resultado 33.36% que se puede observar en la Tabla 27.

Tabla 28: Carbono fijo del biocarbón más maghemita (Método: Norma ASTM D-3172)

Humedad (%)	Ceniza (%)	Materia volátil (%)	Carbono fijo (%)
17.60	33.36	19.61	47.03

Así mismo, se determinó el carbono fijo en base a los valores obtenidos en la Tabla 25, 26 y 27 el cual dio como resultado 47.03% que se visualiza en la Tabla 28.

Luego, se llevó las cáscaras de piña al proceso de pirolisis para obtener el biocarbón para posteriormente homogeneizarlo en un tamaño.

Tabla 29: Análisis granulométrico del biocarbón (Método ASTM D422)

Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	Parcial Retenido (%)	Acumulado (%)	
				Retenido	Pasa
N°10	2.00	0	0	0	100
N°18	1.00	47.780	31.853	31.853	68.147
N°20	0.850	8.437	5.625	37.478	62.522
N°40	0.425	38.120	25.413	62.891	37.109

N°50	0.300	20.468	13.645	76.536	23.464
N°100	0.150	21.981	14.654	91.190	8.810
N°-100	0.150	13.214	8.809	100.000	0.00

En la Tabla 29 se observa el número de tamices empleados para el análisis granulométrico, mediante este proceso se llevó el carbón a un tamaño de 0.150 mm

Acorde al **segundo objetivo específico** planteado en la investigación se analizó las condiciones operacionales del biocarbón más maghemita para la reducción de Pb (II) en el agua del río Chillón, las cuales muestran los siguientes resultados:

Luego de adecuar el tamaño del carbón, se realizó pruebas de pH para determinar en cual se desempeña mejor el adsorbente, obteniendo los siguientes datos:

Tabla 30: Prueba del potencial de hidrogeno

Muestras	pH (ácido/base)	Volumen (mL)	Turbidez (NTU)
M1	2	100	84
M2	4	100	75
M3	7	100	42
M4	8	100	50
M5	9	100	56
M6	10	100	61

En la Tabla 30 se pudo identificar que el adsorbente tuvo un mayor desempeño en la muestra de pH 7 puesto que se redujo bastante la turbidez hasta alcanzar los 42 NTU a diferencia de las demás pruebas cuyas muestras eran ácidas y alcalinas, aun así, en dicha relación el biocarbón evidencio que tiene una considerable eficiencia en muestras alcalinas a comparación de las pruebas ácidas.

Posteriormente, se realizó la prueba de azul de metileno para conocer la constante k a través del método de espectrofotometría UV/VIS.

Tabla 31: Determinación de la constante K (Método de espectrofotometría UV/VIS)

Código (ppm)	Tramitancia (%)	Absorbancia	Constante (k)
1	96.2	0.016825	0.016825

2	87.4	0.058489	0.029244
3	79.8	0.097997	0.032666
4	72.0	0.142668	0.035667
Promedio			0.028600

En la Tabla 31 se muestra el valor de k obtenido a partir de 4 diluciones, este valor es importante para la determinación de la concentración de equilibrio referida en la Tabla 32.

Tabla 32: Determinación de la concentración de equilibrio ($C_{16}H_{18}ClN_3S \cdot XH_2O$)

Tiempos de contacto	Tramitancia (%)	Absorbancia	Constante (k)	Concentración (mg/L)
T1 (2)	80.13	0.096205	0.0286	3.3638
T2 (4)	85.12	0.069968	0.0286	2.4464
T3 (6)	88.96	0.050805	0.0286	1.7764
T4 (8)	93.68	0.028353	0.0286	0.9914
T5 (10)	95.98	0.017819	0.0286	0.6231
T6 (12)	97.94	0.009040	0.0286	0.3161
T7 (14)	97.96	0.008951	0.0286	0.3130
T8 (16)	98.02	0.008685	0.0286	0.3037

En la Tabla 32 se muestra la concentración de equilibrio, la cual fue obtenida a partir de la constante K identificada en la Tabla 31, evaluada en 8 tiempos cuya progresión fue consecutiva de 2 minutos.

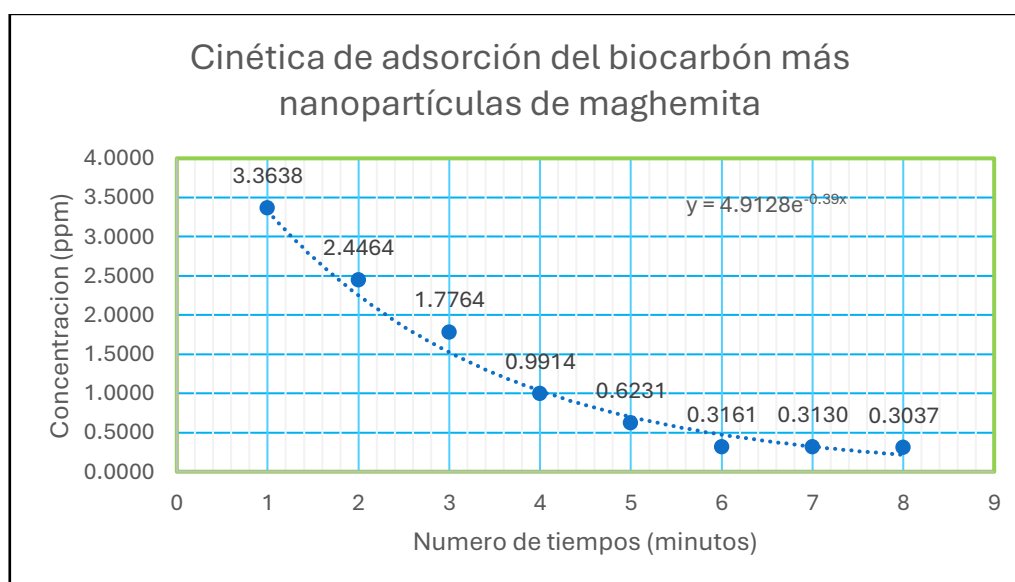


Figura 22: Cinética de adsorción del biocarbón más maghemita

Los valores determinados en la Tabla 32 son mejor visualizados en la Figura 22, la cual muestra un decrecimiento de la curva de concentración hasta alcanzar el valor de 0.3037 mg/L.

Tabla 33: Velocidad de adsorción por biocarbón más maghemita

Muestra	Tiempo (s)	Concentración (4ppm) (C ₁₆ H ₁₈ CIN ₃ S.XH ₂ O)	Ln (C ₁₆ H ₁₈ CIN ₃ S.XH ₂ O)
B+M (T0)	0	4	1.386
B+M (T1)	120	0.099	-2.313
B+M (T2)	240	0.086	-2.453
B+M (T3)	360	0.074	-2.604
B+M (T4)	480	0.065	-2.733
B+M (T5)	600	0.058	-2.847
B+M (T6)	720	0.050	-2.996

En la Tabla 33 se evidencia la velocidad de adsorción para el carbón activado más maghemita, evaluada en 6 tiempos y cuya concentración para el tiempo final fue de 0.05 ppm de azul de metileno (C₁₆H₁₈CIN₃S.XH₂O).

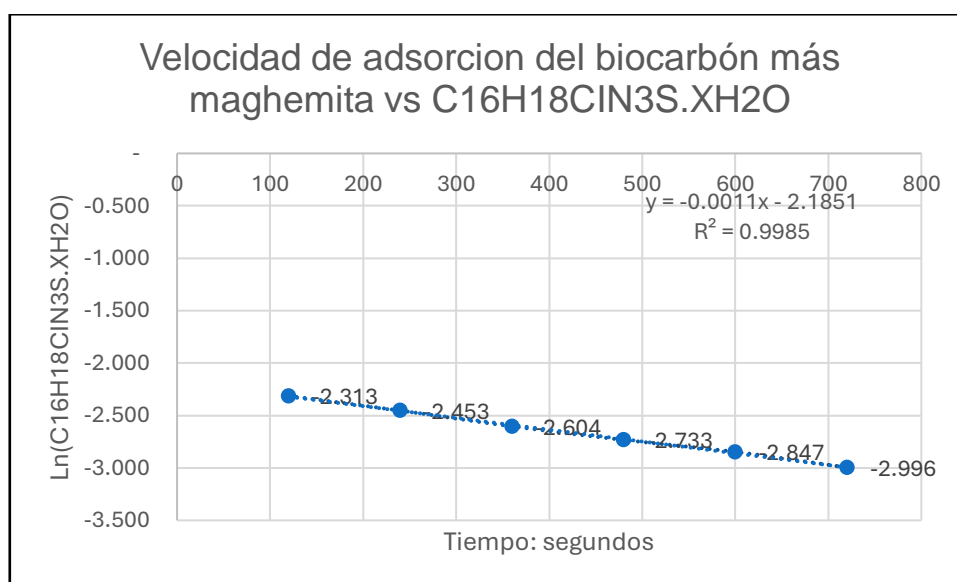


Figura 23: Velocidad de adsorción del nanocompuesto en azul de metileno. Así mismo, en la Figura 23 se observa la relación grafica de la velocidad de adsorción la cual tiene una correlación lineal a 0.9985.

Tabla 34: Capacidad de adsorción de biocarbón más nanopartículas de maghemita

Muestras	Pesos de B+M (g)	Tramitancia (%)	Absorbancia	Constante (k)	Concentración (mg/L)
B+M (1)	0.0013	82.4	0.08407	0.028600	2.94
B+M (2)	0.0102	84.9	0.07109	0.028600	2.49
B+M (3)	0.1317	90.1	0.04528	0.028600	1.58
B+M (4)	0.5025	93.7	0.02826	0.028600	0.99
B+M (5)	0.8060	95.2	0.02136	0.028600	0.75
B+M (6)	1.0023	95.9	0.01818	0.028600	0.64

Luego, se conoció la capacidad de adsorción del nanocompuesto tal como se indica en la Tabla 34, se evidencia su retención desde los 2.94 mg/L hasta alcanzar los 0.64 mg/L que puede contener el biocarbón más maghemita en la muestra de agua contaminada por Pb, datos que serán necesarios para ser aplicados en las isothermas de Langmuir y Freundlich.

Tabla 35: Isotherma de Langmuir en adsorción del biocarbón más maghemita

Peso de B+M (g)	Conc. del adsorbato (ppm)	Cont. adsorbido por B+M ($X=C_0 - C_e$)	Cantidad adsorbida ($q=X/m$)	Eje X (Concentración de equilibrio)	Eje Y (C/q) (Concentración/Cantidad adsorbida)
0.0013	2.94	1.06	0.815	2.94	3.61
0.0102	2.49	1.51	0.148	2.49	16.82
0.1317	1.58	2.42	0.018	1.58	85.99
0.5025	0.99	3.01	0.006	0.99	165.27
0.8060	0.75	3.25	0.004	0.75	186.00
1.0023	0.64	3.36	0.003	0.64	190.91

En la Tabla 35 se evidencia la concentración de equilibrio en la Isotherma de Langmuir, y la concentración adsorbida en las 6 muestras con carbón activado más maghemita; los datos cálculos permitieron identificar la tendencia para trazar la figura de la tendencia lineal el cual describe su comportamiento.

En la Figura 24 se muestran los valores de la isotherma de Langmuir, así como su línea de tendencia y su coeficiente de relación.

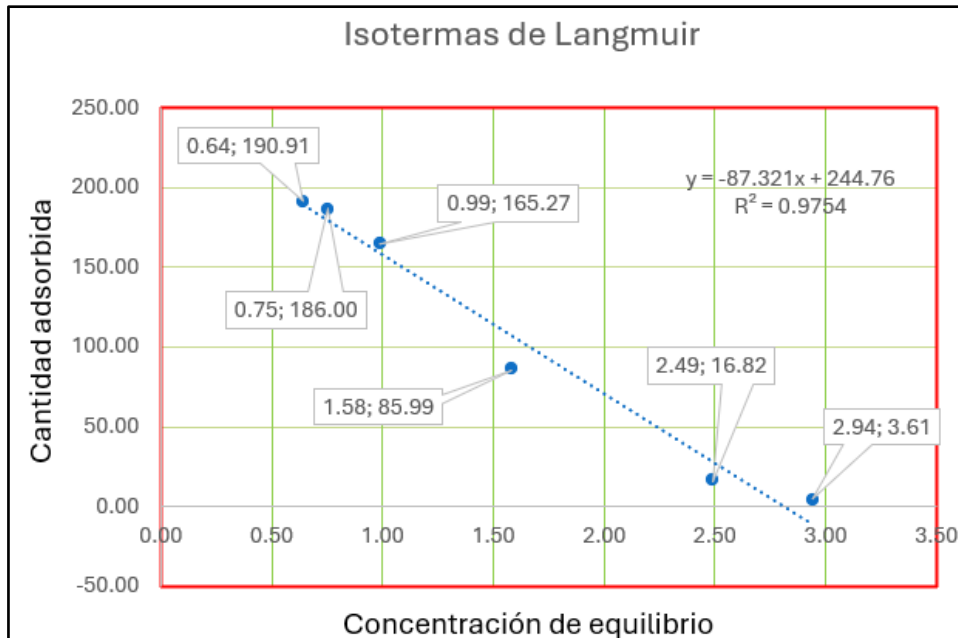


Figura 24: Isoterma de Langmuir

Seguido de ello, se calculó la isoterma de Langmuir para conocer la capacidad de contención del nanocompuesto en su superficie con una capa de adsorbato resultando en una correlación de 0.9754 que es significativamente para la adsorción del Pb.

Tabla 36: Isoterma de Freundlich en adsorción del biocarbón más maghemita

Peso de B+M (g)	Conc. del adsorbato (ppm)	Cont. adsorbido por B+M ($X=C_0 - C_e$)	Cantidad adsorbida ($q=X/m$)	Eje X (log. Concentración de equilibrio)	Eje Y (C/q) (log. Concentración/Cantidad adsorbida)
0.0013	2.94	1.06	0.815	0.47	-0.09
0.0102	2.49	1.51	0.148	0.40	-0.83
0.1317	1.58	2.42	0.018	0.20	-1.74
0.5025	0.99	3.01	0.006	0.00	-2.22
0.8060	0.75	3.25	0.004	-0.12	-2.39
1.0023	0.64	3.36	0.003	-0.19	-2.47

En la Tabla 36 se muestra la obtención de la concentración de equilibrio y la concentración adsorbida para 6 muestras de carbón activado más maghemita; estos datos van a permitir identificar la tendencia para la gráfica de la ecuación lineal que describe el comportamiento, así como la correlación.

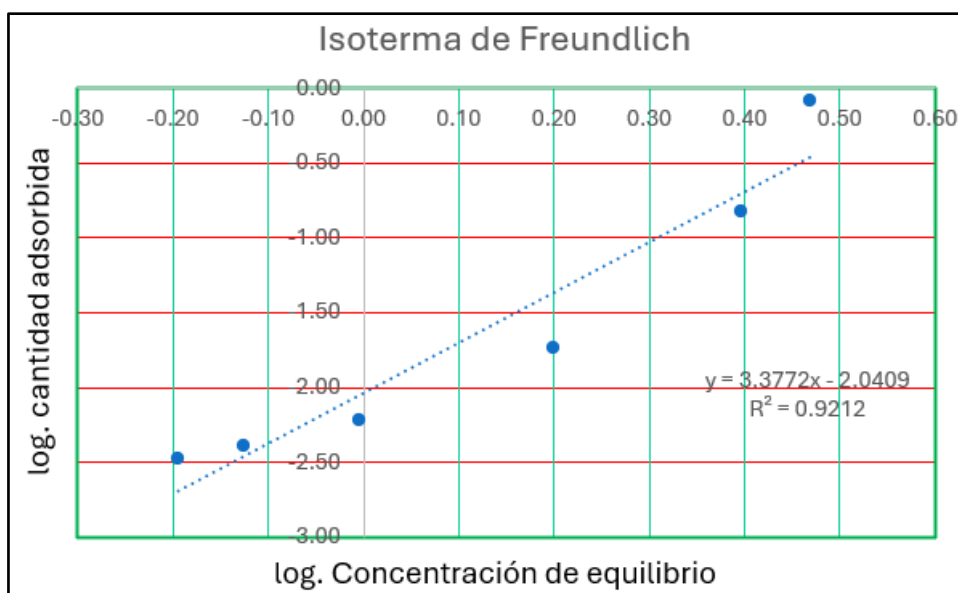


Figura 25: Isoterma de Freundlich

En la Figura 25 se identifica que la R^2 es 0.9212 lo cual indica que es una relación fuerte. Luego, tras la aplicación del biocarbón con nanopartículas de maghemita, se evaluaron los parámetros del agua, ello se evidencia en las siguientes tablas.

Acorde al **tercer objetivo específico** planteado en la investigación se determinó las características físicas, químicas, biológicas, gravimétricas y de concentración de Pb (II) antes y después del uso de biocarbón más maghemita en el agua del río Chillón, las cuales se evidencian en los siguientes resultados:

Tabla 37: Tratamiento del agua con las dosis de adsorbente

Parámetros	Muestra inicial	Filtro 1 34 g maghemita + 100 g C.A.	Filtro 2 66 g maghemita + 100 g C.A.	Filtro 3 100 g maghemita + 100 g C.A.
Potencial de hidrogeno (pH)	6.37	7.18	7.24	7.31
Conductividad eléctrica (uS/cm)	1878	965	1045	1245
Potencial redox (mV)	245.8	185	189	192
Turbidez (NTU)	225.4	76	88	99
Sólidos totales (mg/L)	21024	1199	1909	2459
Sólidos disueltos (mg/L)	11928	706	1302	1520

Sólidos suspendidos totales (mg/L)	4421	191	393	544
Oxígeno disuelto (mg/L)	2.21	4.75	3.52	3.18
Demanda química de oxígeno (mg/L)	1466.67	1080	1126.7	1180
Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L)	809	577	606	612
Pb (mg/L)	0.808	0.05	0.07	0.07

Según como se muestra en la Tabla 37 los valores indicados son los resultados finales obtenidos después de haber transcurrido 135 minutos para cada filtro asimismo se muestra a continuación los resultados obtenidos por cada tiempo evaluado en los filtros 1, 2 y 3.

Tabla 38: Parámetros fisicoquímicos de 34g maghemita más biocarbón

Muestras	Temperatura (°C)	pH (ácido/base)	Conductividad eléctrica (uS/cm)	Potencial redox (mV)	Turbidez (NTU)
B+M (34 - 15)	18.5	7.81	1845	256	215
B+M (34 - 30)	18.5	7.86	1808	245	202
B+M (34 - 45)	18.5	7.74	1715	231	185
B+M (34 - 60)	18.5	7.65	1526	215	145
B+M (34 - 75)	18.5	7.56	1518	205	132
B+M (34 - 90)	18.5	7.44	1402	198	95
B+M (34 - 105)	18.5	7.36	1331	196	86
B+M (34 - 120)	18.5	7.23	1134	191	81
B+M (34 - 135)	18.5	7.18	965	185	76

En la presente Tabla 38 con una dosis de 34 g de maghemita y 100 g de carbón activado se pudo conocer que, a mayor tiempo de contacto entre el adsorbente y la muestra de agua, se reduce significativamente la conductividad eléctrica hasta alcanzar los 965 uS/cm, así mismo se reduce el potencial redox a 185 mV, incluso la

turbidez del agua alcanzó los 76 NTU y optimizando el pH a 7.18, demostrando así su efectividad en un lapso de 135 minutos.

Tabla 39: Parámetros fisicoquímicos de 66 g maghemita más biocarbón

Muestras	Temperatura (°C)	pH (ácido/base)	Conductividad eléctrica (uS/cm)	Potencial redox (mV)	Turbidez (NTU)
B+M (66 - 15)	18.6	7.85	1848	238	222
B+M (66 - 30)	18.6	7.88	1823	232	204
B+M (66 - 45)	18.6	7.76	1738	228	187
B+M (66 - 60)	18.6	7.69	1547	220	148
B+M (66 - 75)	18.6	7.58	1531	213	136
B+M (66 - 90)	18.6	7.47	1427	201	110
B+M (66 - 105)	18.6	7.39	1365	198	98
B+M (66 - 120)	18.6	7.28	1142	197	92
B+M (66 - 135)	18.6	7.24	1045	189	88

Así mismo, sucede en la Tabla 39 ahora con una dosis de 66 g de maghemita y 100 g de carbón activado, conservando la misma relación de tiempo de contacto del biocarbón con el volumen de agua sujeta a tratamiento, se pudo evidenciar que existe una ligera diferencia a los resultados obtenidos en la Tabla 38 puesto que la conductividad eléctrica conseguida fue de 1045 uS/cm, incluso el potencial redox llegó a 189 mV y la turbidez del agua que se obtuvo fueron de 88 NTU con un pH de 7.24, obteniendo así unos valores similares a los que obtuvo la dosis de 34 g.

Tabla 40: Parámetros fisicoquímicos de 100 g maghemita más biocarbón

Muestras	Temperatura (°C)	pH (ácido/base)	Conductividad eléctrica (uS/cm)	Potencial redox (mV)	Turbidez (NTU)
B+M (100 - 15)	18.7	7.87	1865	242	224
B+M (100 - 30)	18.7	7.89	1852	239	210
B+M (100 - 45)	18.7	7.79	1822	231	192
B+M (100 - 60)	18.7	7.71	1786	224	181
B+M (100 - 75)	18.7	7.61	1723	218	152
B+M (100 - 90)	18.7	7.52	1585	209	144
B+M (10 - 105)	18.7	7.46	1475	201	125
B+M (100 - 120)	18.7	7.38	1412	198	112
B+M (100 - 135)	18.7	7.31	1245	192	99

Incluso en la Tabla 40 con la dosis de 100 g de maghemita y 100 g de carbón activado con los mismos tiempos de contacto con el agua resultados obtenidos en la Tabla 38 y 38 existe diferencia en los parámetros obtenidos puesto que en la conductividad eléctrica se evidencio un valor de 1045 uS/cm, además que el potencial redox alcanzado fue de 189 mV y la turbidez del agua que obtuvo es de 88 NTU y 7.31 de pH, destacando los resultados obtenidos por las dosis de 34 g y 66g de maghemita en su eficiencia.

Tabla 41: Sólidos totales de muestra con 34 g maghemita más biocarbón

Muestra	Peso de vaso (g)	Volumen de agua (mL)	Peso de vaso + ms (g)	ST (mg/L)
B+M (34 - 15)	67.2137	100	69.2742	20605
B+M (34 - 30)	67.5436	100	69.4212	18776
B+M (34 - 45)	66.6784	100	68.3162	16378
B+M (34 - 60)	66.5743	100	67.6568	10825
B+M (34 - 75)	66.4681	100	67.2467	7786
B+M (34 - 90)	67.7246	100	68.3152	5906
B+M (34 - 105)	67.7543	100	68.1245	3702
B+M (34 - 120)	67.5642	100	67.7751	2109
B+M (34 - 135)	67.4924	100	67.6123	1199

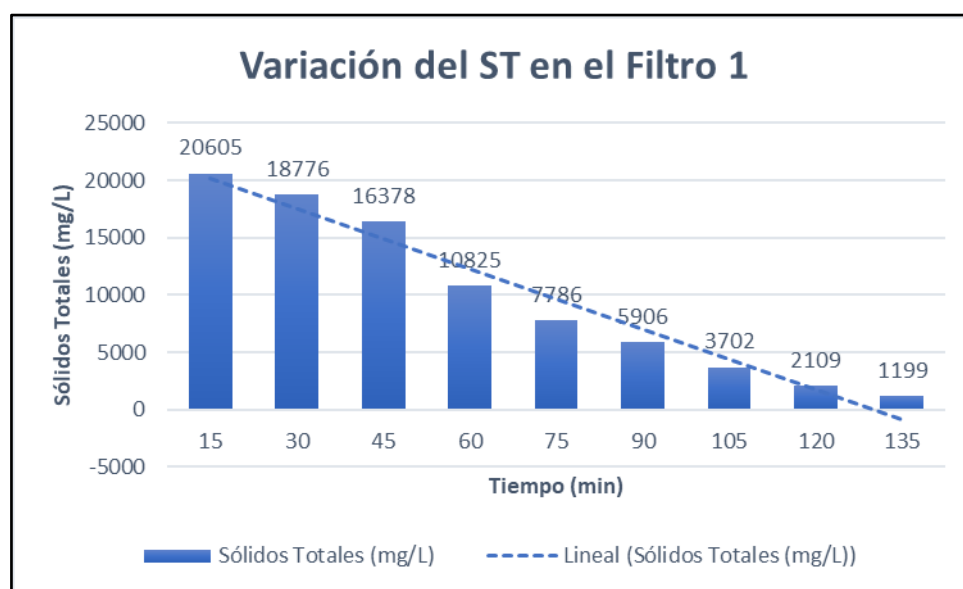


Figura 26: Reducción de sólidos totales en el filtro 1

Además, en los datos de la Tabla 41 y Figura 26 cuando la dosis fue de 34 g de maghemita y 100 g de carbón activado se pudo conocer que se redujo exponencialmente los sólidos totales puesto que alcanzó los 1199 mg/L.

Tabla 42: Sólidos totales de muestra con 66 g maghemita más biocarbón

Muestra	Peso de vaso (g)	Volumen de agua (mL)	Peso de vaso + ms (g)	ST (mg/L)
B+M (66 - 15)	67.0541	100	69.1323	20782
B+M (66 - 30)	67.6237	100	69.4968	18731
B+M (66 - 45)	67.1781	100	68.8745	16964
B+M (66 - 60)	67.3121	100	68.7283	14162
B+M (66 - 75)	67.5423	100	68.6342	10919
B+M (66 - 90)	67.7613	100	68.7541	9928
B+M (66 - 105)	67.8521	100	68.6352	7831
B+M (66 - 120)	67.6584	100	68.1872	5288
B+M (66 - 135)	67.8745	100	68.0654	1909

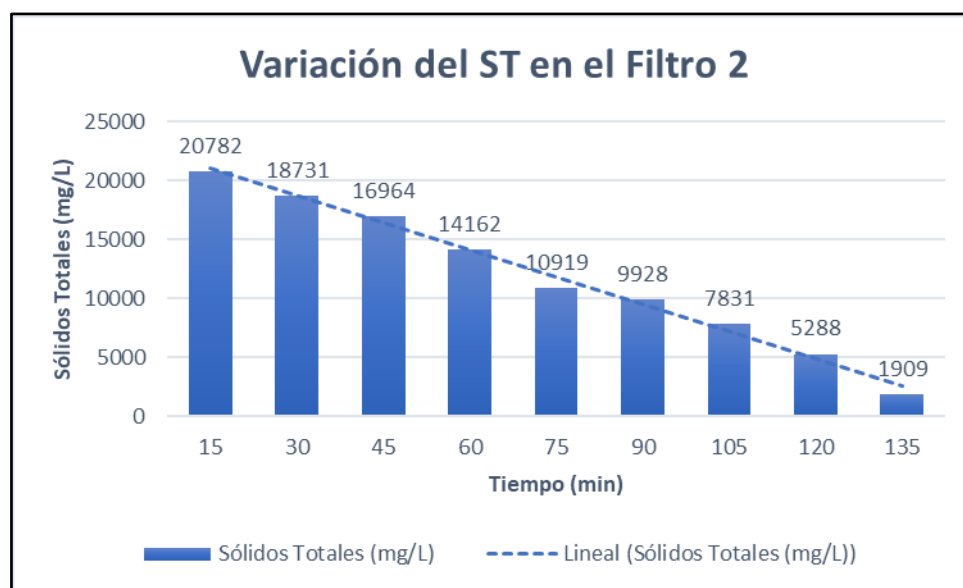


Figura 27: Reducción de sólidos totales en el filtro 2

Así mismo, en la Tabla 42 y Figura 27 ya con una dosis de 66 g de maghemita y 100 g de carbón activado, se pudo evidenciar que hay una diferencia gradual a los resultados obtenidos en la Tabla 41 debido a que se obtuvo 1909 mg/L de sólidos totales.

Tabla 43: Sólidos totales de muestra con 100 g maghemita más biocarbón

Muestra	Peso de vaso (g)	Volumen de agua (mL)	Peso de vaso + ms (g)	ST (mg/L)
B+M (100 - 15)	63.8524	100	65.9421	20897
B+M (100 - 30)	63.5246	100	65.4851	19605
B+M (100 - 45)	63.7546	100	65.5621	18075
B+M (100 - 60)	63.6243	100	65.2348	16105
B+M (100 - 75)	63.7243	100	65.1345	14102
B+M (100 - 90)	63.8956	100	65.1463	12507
B+M (10 - 105)	63.9843	100	65.0524	10681
B+M (100 - 120)	63.9884	100	64.6065	6181
B+M (100 - 135)	63.8952	100	64.1411	2459

Según los datos que se visualizan en la Tabla 43, el tercer filtro evidencia una reducción menor en comparación del primer y segundo filtro respecto a los sólidos totales.

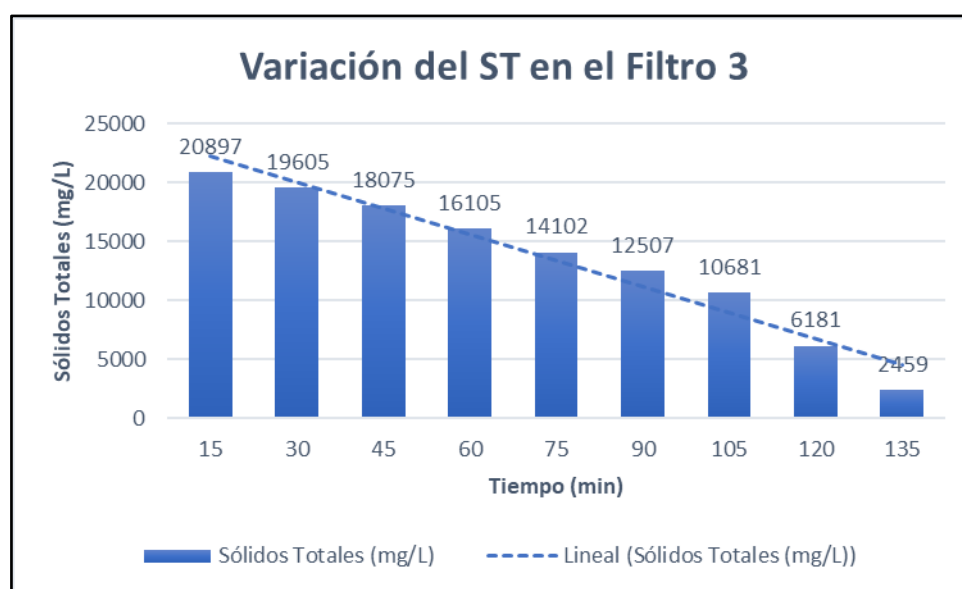


Figura 28: Reducción de sólidos totales en el filtro 3

También en la Tabla 43 y Figura 28 se evidencia que con esta dosis se redujo las concentraciones en la muestra de agua hasta que alcanzar los 2459 mg/L de sólidos totales, sin embargo, las anteriores dosis presentaron mayor eficiencia.

Tabla 44: Sólidos disueltos de muestra con 34 g maghemita más biocarbón

Muestra	Peso de vaso (g)	Volumen de agua (mL)	Peso de vaso + ms (g)	SD (mg/L)
B+M (34 - 15)	67.2464	100	68.2835	10371
B+M (34 - 30)	67.6757	100	68.5132	8375
B+M (34 - 45)	67.8111	100	68.4613	6502
B+M (34 - 60)	67.6441	100	68.1282	4841
B+M (34 - 75)	67.9652	100	68.3246	3594
B+M (34 - 90)	67.4826	100	67.6732	1906
B+M (34 - 105)	67.6453	100	67.7663	1210
B+M (34 - 120)	67.6245	100	67.7186	941
B+M (34 - 135)	67.5842	100	67.6548	706

Según los datos que se visualizan en la Tabla 44, el primer filtro evidencia una reducción mayor a comparación del segundo y tercer filtro respecto a los sólidos disueltos.

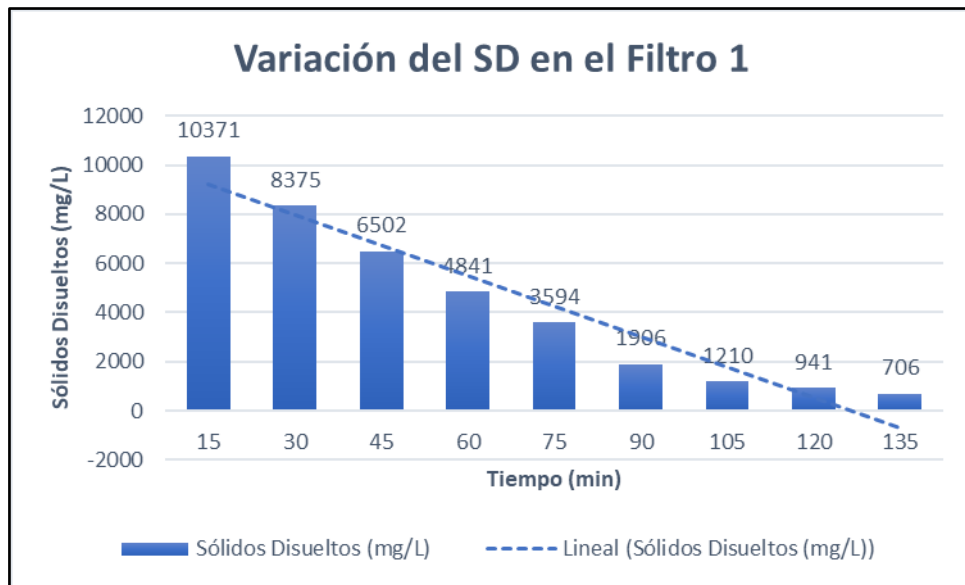


Figura 29: Reducción sólidos disueltos en el filtro 1

De igual manera en la Tabla 44 y Figura 29 se evidencia que se evaluó los sólidos disueltos donde se obtuvo como resultado 706 mg/L presentes en la muestra tratada en un tiempo de contacto de 135 minutos.

Tabla 45: Sólidos disueltos de muestra con 66 g maghemita más biocarbón

Muestra	Peso de vaso (g)	Volumen de agua (mL)	Peso de vaso + ms (g)	SD (mg/L)
B+M (66 - 15)	66.3254	100	67.4225	10971
B+M (66 - 30)	66.5423	100	67.5321	9898
B+M (66 - 45)	66.7421	100	67.5231	7810
B+M (66 - 60)	66.8534	100	67.3542	5008
B+M (66 - 75)	66.5432	100	67.0245	4813
B+M (66 - 90)	66.7894	100	67.1538	3644
B+M (66 - 105)	66.4542	100	66.6556	2014
B+M (66 - 120)	66.5962	100	66.7823	1861
B+M (66 - 135)	66.8721	100	67.0023	1302

Según los datos que se visualizan en la Tabla 45, el segundo filtro evidencia una reducción mayor a comparación del tercer filtro respecto a los sólidos disueltos. Sin embargo, si se comparan dichos valores con los datos obtenidos en la Tabla 44, se nota una reducción menor.

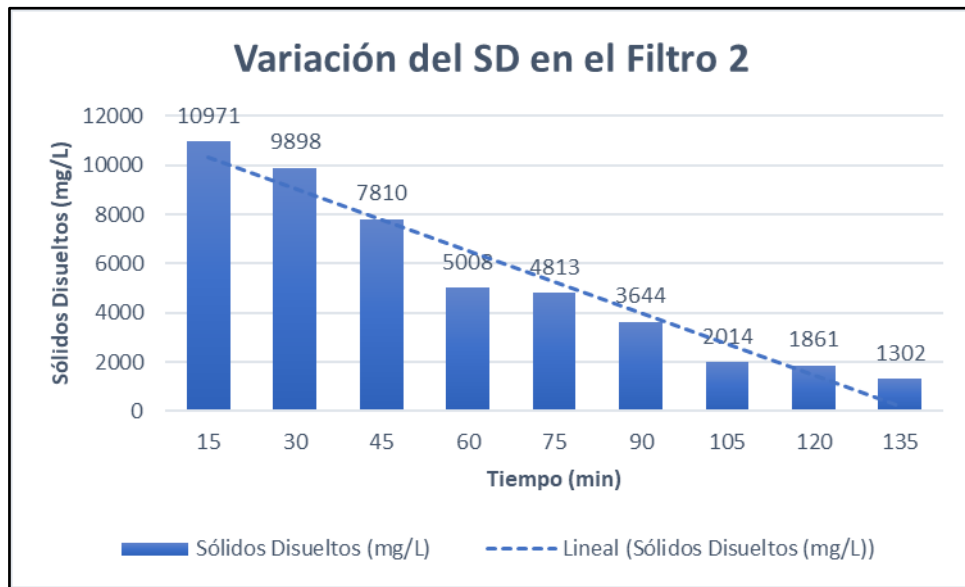


Figura 30: Reducción sólidos disueltos en el filtro 2

Además, en la Tabla 45 y Figura 30 se evidencia que se sometió a análisis los sólidos disueltos por el filtro 2 donde se alcanzó los 1302 mg/L en la misma línea de tiempo que las otras relaciones de adsorbentes.

Tabla 46: Sólidos disueltos de muestra con 100 g maghemita más biocarbón

Muestra	Peso de vaso (g)	Volumen de agua (mL)	Peso de vaso + ms (g)	SD (mg/L)
B+M (100 - 15)	65.4231	100	66.5262	11031
B+M (100 - 30)	65.4238	100	66.4752	10514
B+M (100 - 45)	65.3481	100	66.2323	8842
B+M (100 - 60)	65.3238	100	66.1254	8016
B+M (100 - 75)	65.4836	100	66.2352	7516
B+M (100 - 90)	65.6437	100	66.2321	5884
B+M (100 - 105)	65.2321	100	65.6258	3937
B+M (100 - 120)	65.4862	100	65.7121	2259
B+M (100 - 135)	65.2632	100	65.4152	1520

Según los datos que se visualizan en la Tabla 46, el tercer filtro evidencia una reducción menor en comparación del primer y segundo filtro respecto a los sólidos disueltos.

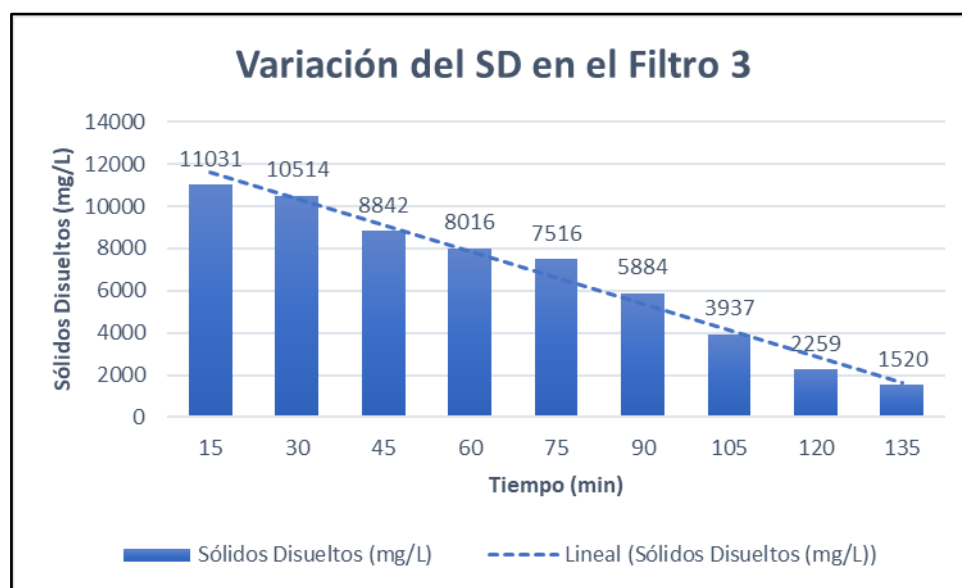


Figura 31: Reducción sólidos disueltos en el filtro 3

Incluso en la Tabla 46 y Figura 31 se evidencia que en el filtro 3 se evidenció una reducción de los sólidos disueltos llegando a obtener un resultado de 1520 mg/L, sin embargo, los demás filtros de nanocompuesto presentaron mayor eficiencia para este parámetro evaluado del agua.

Tabla 47: Sólidos suspendidos totales de muestra con 34 g maghemita más biocarbón

Muestra	Peso de vaso (g)	Volumen de agua (mL)	Peso de vaso + ms (g)	SST (mg/L)
B+M (34 - 15)	0.0821	100	0.4012	3191
B+M (34 - 30)	0.0821	100	0.3823	3002
B+M (34 - 45)	0.0821	100	0.3454	2633
B+M (34 - 60)	0.0821	100	0.2653	1832
B+M (34 - 75)	0.0821	100	0.2143	1322
B+M (34 - 90)	0.0821	100	0.1954	1133
B+M (34 - 105)	0.0821	100	0.1678	857
B+M (34 - 120)	0.0821	100	0.1256	435
B+M (34 - 135)	0.0821	100	0.1012	191

Según los datos que se visualizan en la Tabla 47, el primer filtro evidencia una reducción mayor a comparación del segundo y tercer filtro respecto a los sólidos suspendidos totales.

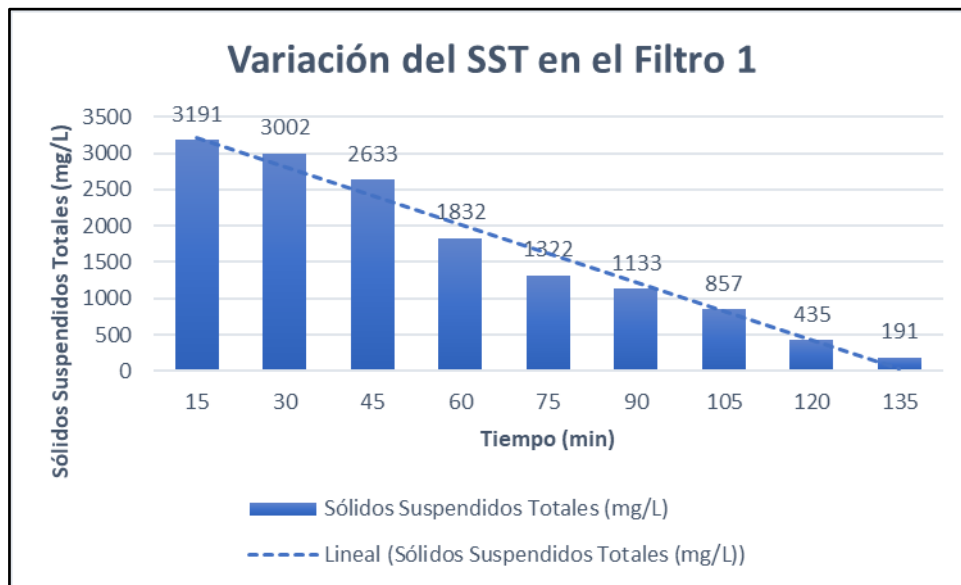


Figura 32: Reducción sólidos suspendidos totales en el filtro 1

De igual manera, en la Tabla 47 y Figura 32 se evidencia que se evaluó los sólidos disueltos en el filtro 1 y se obtuvo como resultado 706 mg/L presentes en la muestra tratada en un tiempo de contacto de 135 minutos.

Tabla 48: Sólidos suspendidos totales de muestra con 66 g maghemita más biocarbón

Muestra	Peso de vaso (g)	Volumen de agua (mL)	Peso de vaso + ms (g)	SST (mg/L)
B+M (66 - 15)	0.0821	100	0.4215	3394
B+M (66 - 30)	0.0821	100	0.4045	3224
B+M (66 - 45)	0.0821	100	0.3558	2737
B+M (66 - 60)	0.0821	100	0.2857	2036
B+M (66 - 75)	0.0821	100	0.2245	1424
B+M (66 - 90)	0.0821	100	0.1854	1033
B+M (66 - 105)	0.0821	100	0.1577	756
B+M (66 - 120)	0.0821	100	0.1356	535
B+M (66 - 135)	0.0821	100	0.1214	393

Según los datos que se visualizan en la Tabla 48, el segundo filtro evidencia una reducción mayor a comparación del tercer filtro respecto a los sólidos suspendidos totales. Sin embargo, si se comparan dichos valores con los datos obtenidos en la Tabla 47, se nota una reducción menor.

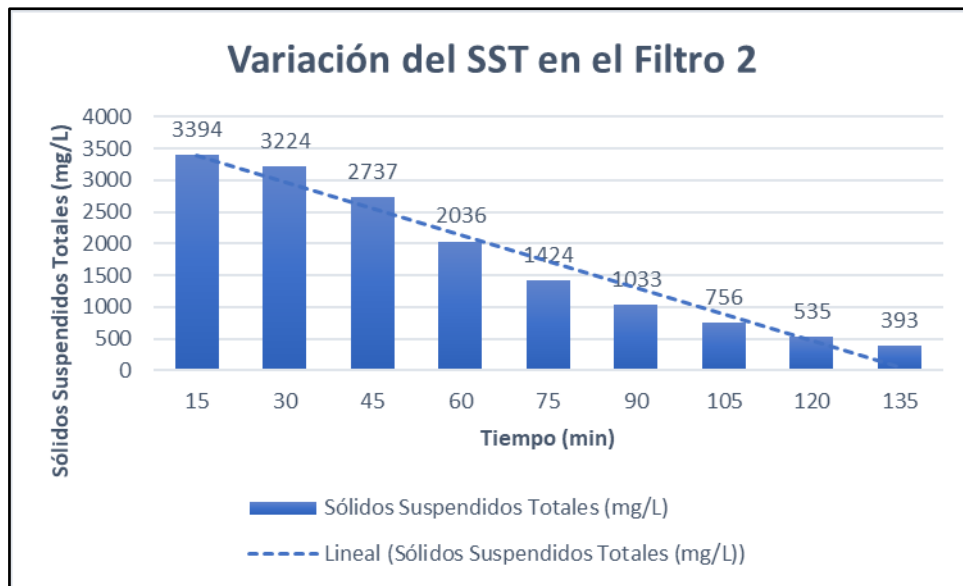


Figura 33: Reducción sólidos suspendidos totales en el filtro 2

Incluso en la Tabla 48 y Figura 33 se evidencia que el filtro 2 se pudo conocer la reducción progresiva del adsorbente al entrar en contacto con la muestra de agua, puesto que se obtuvo un total de 393 mg/L de sólidos suspendidos totales tras el tratamiento.

Tabla 49: Sólidos suspendidos totales de muestra con 100 g maghemita más biocarbón

Muestra	Peso de vaso (g)	Volumen de agua (mL)	Peso de vaso + ms (g)	SST (mg/L)
B+M (100 - 15)	0.0821	100	0.4314	3493
B+M (100 - 30)	0.0821	100	0.4156	3335
B+M (100 - 45)	0.0821	100	0.3863	3042
B+M (100 - 60)	0.0821	100	0.2963	2142
B+M (100 - 75)	0.0821	100	0.2414	1593
B+M (100 - 90)	0.0821	100	0.1985	1164
B+M (100 - 105)	0.0821	100	0.1684	863
B+M (100 - 120)	0.0821	100	0.1459	638
B+M (100 - 135)	0.0821	100	0.1365	544

Según los datos que se visualizan en la Tabla 49, el tercer filtro evidencia una reducción menor en comparación del primer y segundo filtro respecto a los sólidos suspendidos totales.

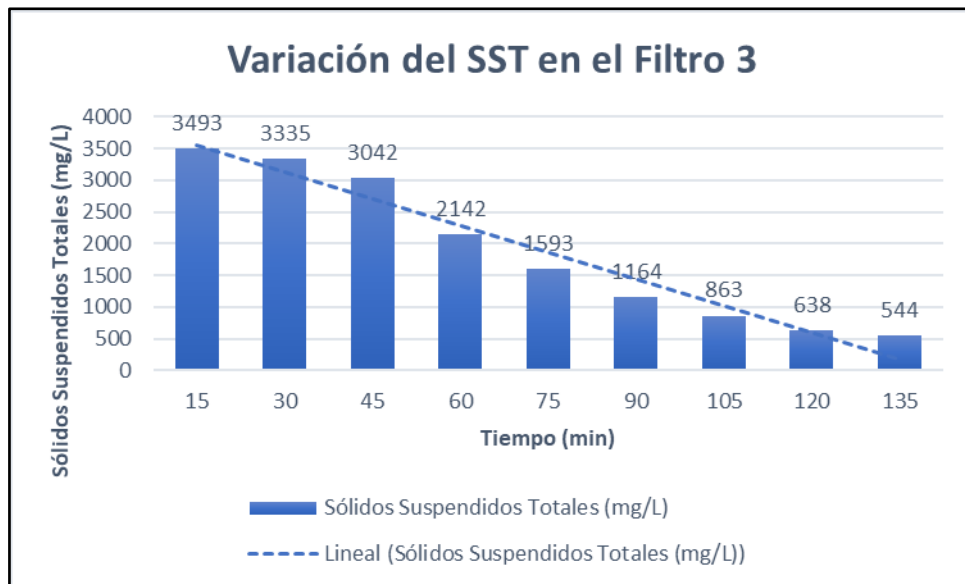


Figura 34: Reducción sólidos suspendidos totales en el filtro 3

Así mismo, en la Tabla 49 y Figura 34 se evidencia que se pudo determinar las concentraciones que presentaba la muestra de agua luego de la aplicación del adsorbente cuyo resultado fue de 544 mg/L de sólidos suspendidos totales.

Tabla 50: Oxígeno disuelto del proceso con 34g de maghemita más biocarbón

Muestra	Vol. gastado en muestra (mL)	Volumen de muestra (mL)	Normalidad tiosulfato de sodio (N)	OD (mg/L)
B+M (34 - 15)	1.15	100	0.025	2.32
B+M (34 - 30)	1.28	100	0.025	2.58
B+M (34 - 45)	1.35	100	0.025	2.72
B+M (34 - 60)	1.66	100	0.025	3.34
B+M (34 - 75)	1.73	100	0.025	3.48
B+M (34 - 90)	1.85	100	0.025	3.72
B+M (34 - 105)	1.98	100	0.025	3.99
B+M (34 - 120)	2.12	100	0.025	4.27
B+M (34 - 135)	2.36	100	0.025	4.75

Según los datos que se visualizan en la Tabla 50, el primer filtro evidencia un incremento mayor a comparación del segundo y tercer filtro respecto al oxígeno disuelto.

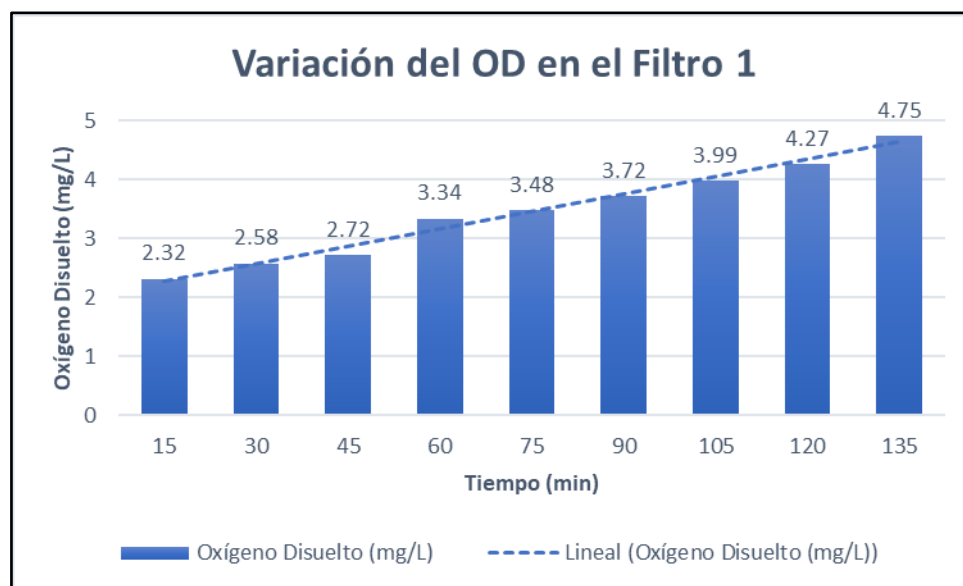


Figura 35: Incremento del oxígeno disuelto en el filtro 1

En la Tabla 50 y Figura 35, se pudo conocer el valor que alcanzo de oxígeno disuelto que presento las muestras de aguas tras la aplicación del nanocompuesto donde se obtuvo 4.75 mg/L, sin embargo, también se debe al diseño donde se realizó el tratamiento del agua con el biocarbón más maghemita el cual permite que se origine el efecto Venturi para que el agua reciba oxígeno.

Tabla 51: Oxígeno disuelto del proceso con 66 g de maghemita más biocarbón

Muestra	Vol. gastado en muestra (mL)	Volumen de muestra (mL)	Normalidad tiosulfato de sodio (N)	OD (mg/L)
B+M (66 - 15)	1.11	100	0.025	2.23
B+M (66 - 30)	1.21	100	0.025	2.44
B+M (66 - 45)	1.32	100	0.025	2.66
B+M (66 - 60)	1.46	100	0.025	2.94
B+M (66 - 75)	1.53	100	0.025	3.08
B+M (66 - 90)	1.65	100	0.025	3.32
B+M (66 - 105)	1.58	100	0.025	3.18
B+M (66 - 120)	1.66	100	0.025	3.34
B+M (66 - 135)	1.75	100	0.025	3.52

Según los datos que se visualizan en la Tabla 51, el segundo filtro evidencia un incremento mayor a comparación del tercer filtro respecto al oxígeno disuelto.

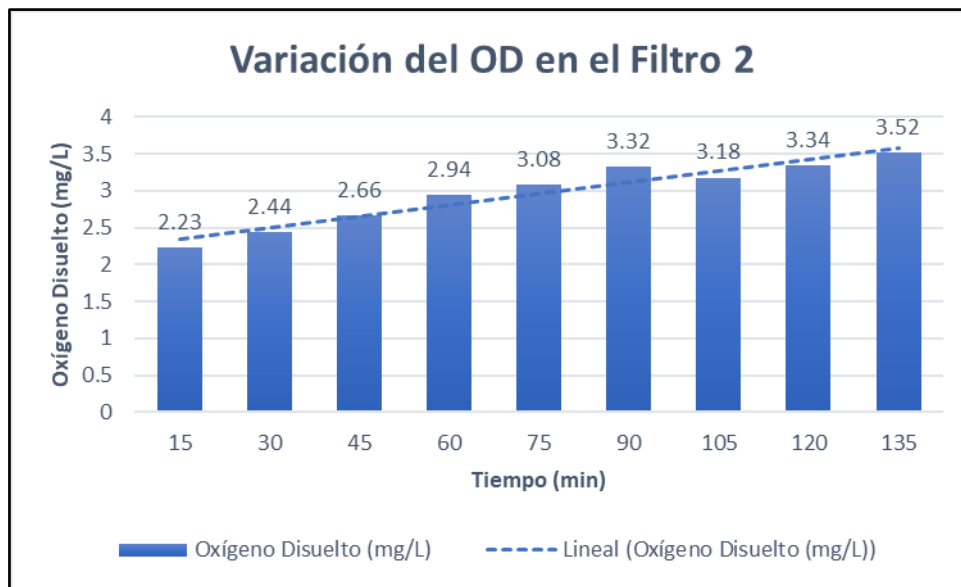


Figura 36: Incremento del oxígeno disuelto en el filtro 2

Así mismo, en la Tabla 51 y Figura 36 se evidencia en el filtro 2 una oxigenación del agua con un valor de 3.52 mg/L, el cual es ligeramente menor al que demostró la dosis de 34 g de maghemita más 100 g de biocarbón.

Tabla 52: Oxígeno disuelto del proceso con 100 g de maghemita más biocarbón

Muestra	Vol. gastado en muestra (mL)	Volumen de muestra (mL)	Normalidad tiosulfato de sodio	OD (mg/L)
B+M (100 - 15)	1.08	100	0.025	2.17
B+M (100 - 30)	1.11	100	0.025	2.23
B+M (100 - 45)	1.22	100	0.025	2.46
B+M (100 - 60)	1.26	100	0.025	2.54
B+M (100 - 75)	1.33	100	0.025	2.68
B+M (100 - 90)	1.38	100	0.025	2.78
B+M (100 - 105)	1.46	100	0.025	2.94
B+M (100 - 120)	1.52	100	0.025	3.06
B+M (100 - 135)	1.58	100	0.025	3.18

Según los datos que se visualizan en la Tabla 52, el tercer filtro evidencia un incremento menor en comparación del primer y segundo filtro respecto al oxígeno disuelto.

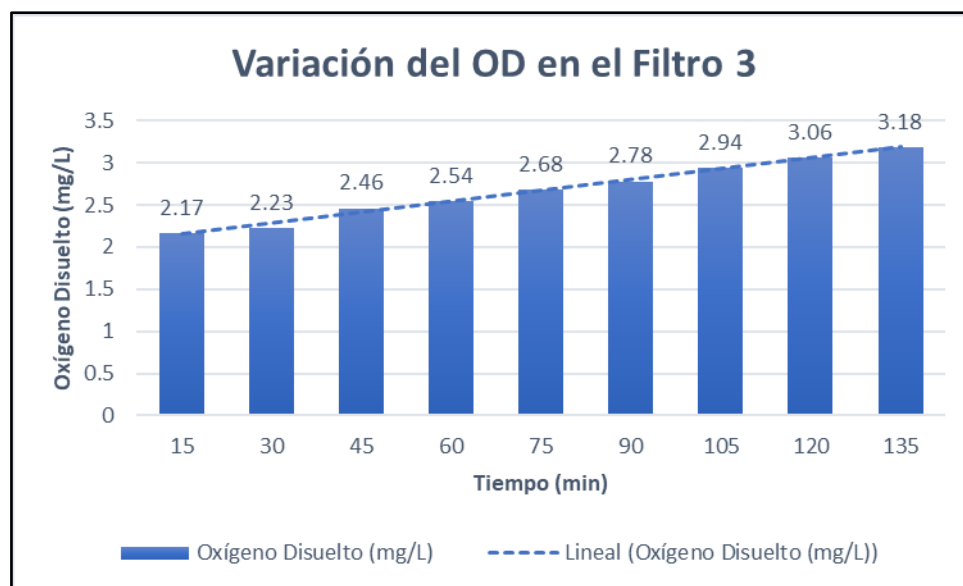


Figura 37: Incremento del oxígeno disuelto en el filtro 3

Incluso, en la Tabla 52 y Figura 37 se evidencia en la dosis de 100 g de maghemita se evidencia un resultado de 3.18 mg/L de oxígeno disuelto tras un lapso de tiempo de 135 minutos, siendo corta la diferencia en comparación del resto de dosis de biocarbón aplicada a las muestras de agua.

Tabla 53: Demanda química de oxígeno con 34 g de maghemita más biocarbón

Muestra	Vol. gastado en muestra (mL)	Normalidad sulfato amoniacal	Volumen gastado de blanco (mL)	DQO (mg/L)
B+M (34 - 15)	1.02	0.25	3.1	1386.7
B+M (34 - 30)	1.08	0.25	3.1	1346.7
B+M (34 - 45)	1.11	0.25	3.1	1326.7
B+M (34 - 60)	1.14	0.25	3.1	1306.7
B+M (34 - 75)	1.17	0.25	3.1	1286.7
B+M (34 - 90)	1.25	0.25	3.1	1233.3
B+M (34 - 105)	1.31	0.25	3.1	1193.3
B+M (34 - 120)	1.39	0.25	3.1	1140.0
B+M (34 - 135)	1.48	0.25	3.1	1080.0

Según los datos que se visualizan en la Tabla 53, el primer filtro evidencia una reducción mayor a comparación del segundo y tercer filtro respecto a la demanda química de oxígeno.

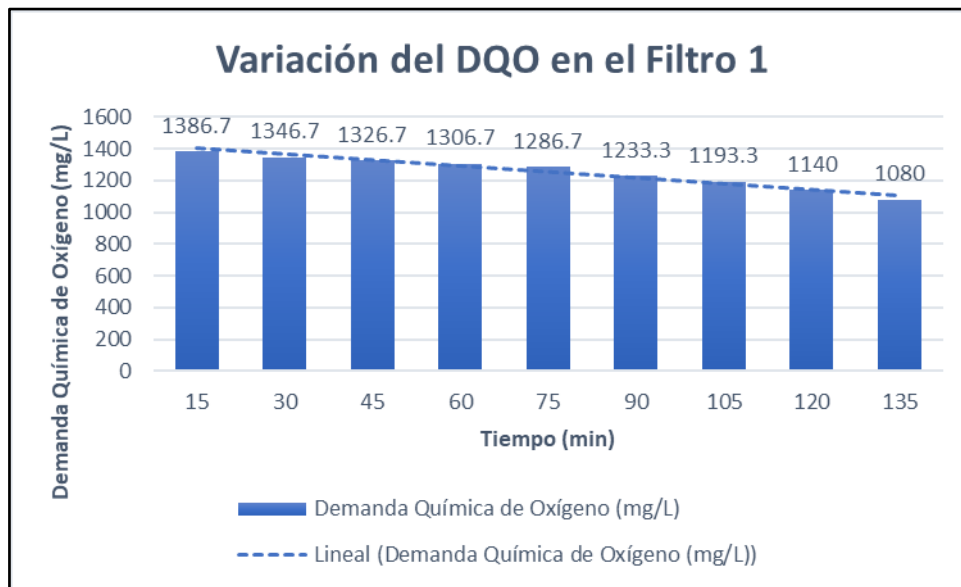


Figura 38: Reducción de la demanda química de oxígeno en el filtro 1

En la presente Tabla 53 y Figura 38 con una dosis de 34 g de maghemita y 100 g de carbón activado se pudo conocer, según la evaluación en 9 tiempos los cuales fueron en aumento de 15 minutos, que a mayor tiempo de contacto entre el adsorbente y la muestra de agua; se reduce significativamente la DQO hasta alcanzar los 1080.0 mg/L, demostrando así su efectividad en un lapso de 135 minutos.

Tabla 54: Demanda química de oxígeno con 66 g de maghemita más biocarbón

Muestra	Vol. gastado en muestra (mL)	Normalidad sulfato amoniacal	Volumen gastado de blanco (mL)	DQO (mg/L)
B+M (66 - 15)	1.00	0.25	3.1	1400.0
B+M (66 - 30)	1.02	0.25	3.1	1386.7
B+M (66 - 45)	1.08	0.25	3.1	1346.7
B+M (66 - 60)	1.11	0.25	3.1	1326.7
B+M (66 - 75)	1.14	0.25	3.1	1306.7
B+M (66 - 90)	1.21	0.25	3.1	1260.0
B+M (66 - 105)	1.28	0.25	3.1	1213.3
B+M (66 - 120)	1.35	0.25	3.1	1166.7
B+M (66 - 135)	1.41	0.25	3.1	1126.7

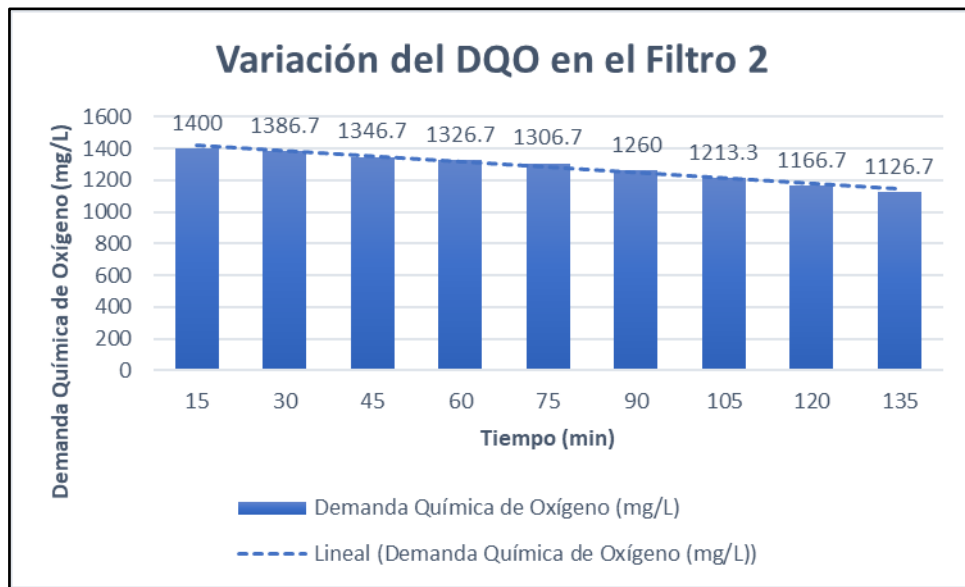


Figura 39: Reducción de la demanda química de oxígeno en el filtro 2

Así mismo, en la presente Tabla 54 y Figura 39 con una dosis de 66 g de maghemita y 100g de carbón activado se pudo conocer, según la evaluación en 9 tiempos los cuales fueron en aumento de 15 minutos, que a mayor tiempo de contacto entre el adsorbente y la muestra de agua; se reduce la DQO hasta alcanzar los 1126.7 mg/L, demostrando así su efectividad en un lapso de 135 minutos. Además de indicar un mejor valor a comparación de lo obtenido en la Tabla 55.

Tabla 55: Demanda química de oxígeno con 100 g de maghemita más biocarbón

Muestra	Vol. gastado en muestra (mL)	Normalidad sulfato amoniacal	Volumen gastado de blanco (mL)	DQO (mg/L)
B+M (100 - 15)	0.95	0.25	3.1	1433.3
B+M (100 - 30)	1.00	0.25	3.1	1400.0
B+M (100 - 45)	1.01	0.25	3.1	1393.3
B+M (100 - 60)	1.05	0.25	3.1	1366.7
B+M (100 - 75)	1.08	0.25	3.1	1346.7
B+M (100 - 90)	1.12	0.25	3.1	1320.0
B+M (100 - 105)	1.16	0.25	3.1	1293.3
B+M (100 - 120)	1.21	0.25	3.1	1260.0
B+M (100 - 135)	1.33	0.25	3.1	1180.0

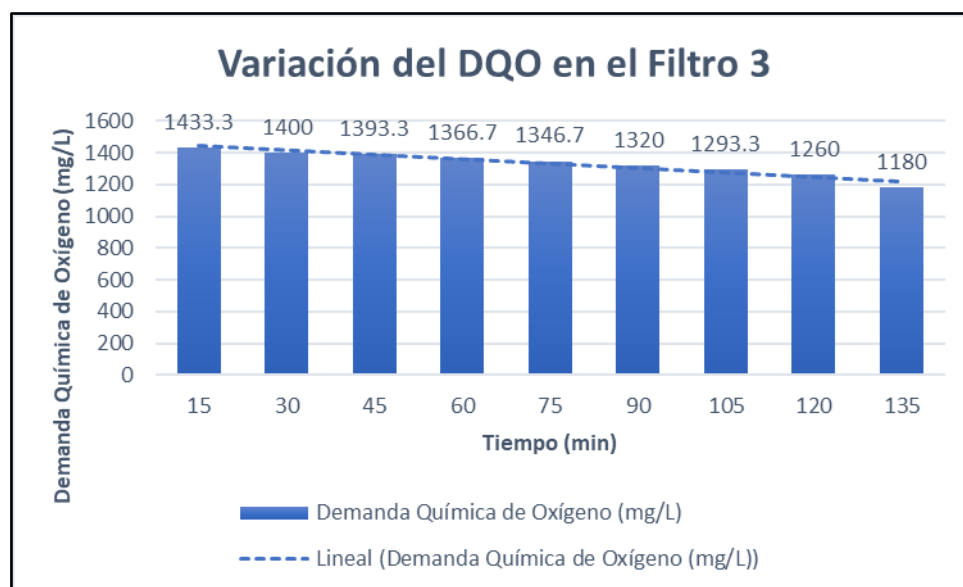


Figura 40: Reducción de la demanda química de oxígeno en el filtro 3

De igual manera, en la presente Tabla 55 y Figura 40 con una dosis de 100 g de maghemita y 100g de carbón activado se pudo conocer, según la evaluación en 9 tiempos los cuales fueron en aumento de 15 minutos, puesto que, a mayor tiempo de contacto entre el adsorbente y la muestra de agua, se reduce la DQO hasta alcanzar los 1180.0 mg/L; demostrando así su efectividad en un lapso de 135 minutos.

Tabla 56: Demanda bioquímica de oxígeno con 34 g maghemita más biocarbón

Muestra	Oxígeno disuelto inicial (mg/L)	Oxígeno disuelto final (mg/L)	Dilución de la muestra (%)	DBO ₅ (mg/L)
B+M (34 - 15)	8.2	0.60	0.01	760
B+M (34 - 30)	8.2	0.98	0.01	722
B+M (34 - 45)	8.2	1.56	0.01	664
B+M (34 - 60)	8.2	1.73	0.01	647
B+M (34 - 75)	8.2	1.94	0.01	626
B+M (34 - 90)	8.2	2.02	0.01	618
B+M (34 - 105)	8.2	2.18	0.01	602
B+M (34 - 120)	8.2	2.25	0.01	595
B+M (34 - 135)	8.2	2.43	0.01	577

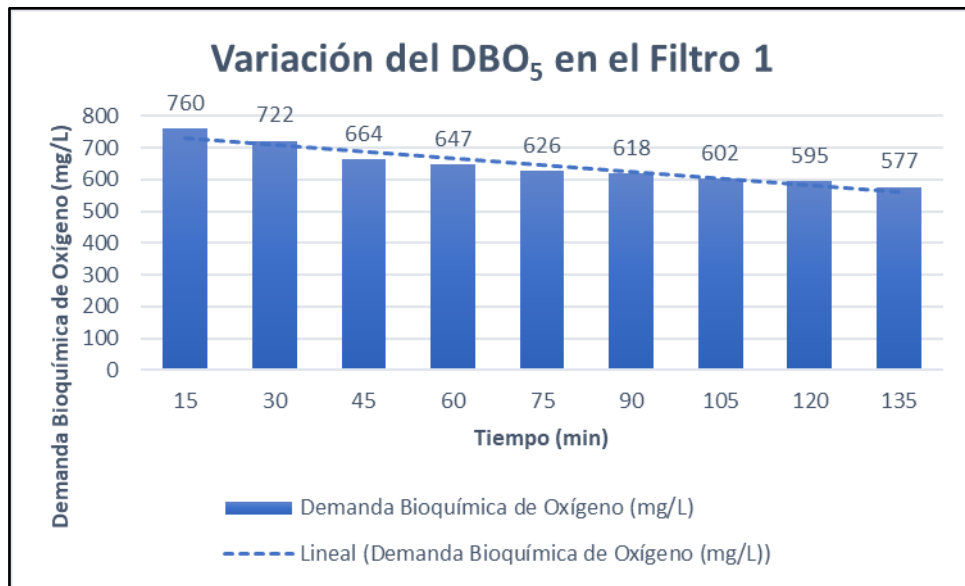


Figura 41: Reducción de la demanda bioquímica de oxígeno en el filtro 1

Del mismo modo, en la presente Tabla 56 y Figura 41 con una dosis de 34 g de maghemita y 100 g de carbón activado se pudo conocer, según la evaluación en 9 tiempos los cuales fueron en aumento de 15 minutos, que a mayor tiempo de contacto entre el adsorbente y la muestra de agua; se reduce significativamente la DBO hasta alcanzar los 577 mg/L; demostrando así su efectividad en un lapso de 135 minutos. Además de indicar un mejor valor a comparación de los obtenidos en las Tablas de 57 y 58.

Tabla 57: Demanda bioquímica de oxígeno con 66 g maghemita más biocarbón

Muestra	Oxígeno disuelto inicial (mg/L)	Oxígeno disuelto final (mg/L)	Dilución de la muestra (%)	DBO ₅ (mg/L)
B+M (66 - 15)	8.2	0.19	0.01	801
B+M (66 - 30)	8.2	0.45	0.01	775
B+M (66 - 45)	8.2	0.86	0.01	734
B+M (66 - 60)	8.2	1.74	0.01	646
B+M (66 - 75)	8.2	1.88	0.01	632
B+M (66 - 90)	8.2	1.91	0.01	629
B+M (66 - 105)	8.2	1.98	0.01	622
B+M (66 - 120)	8.2	2.11	0.01	609
B+M (66 - 135)	8.2	2.14	0.01	606

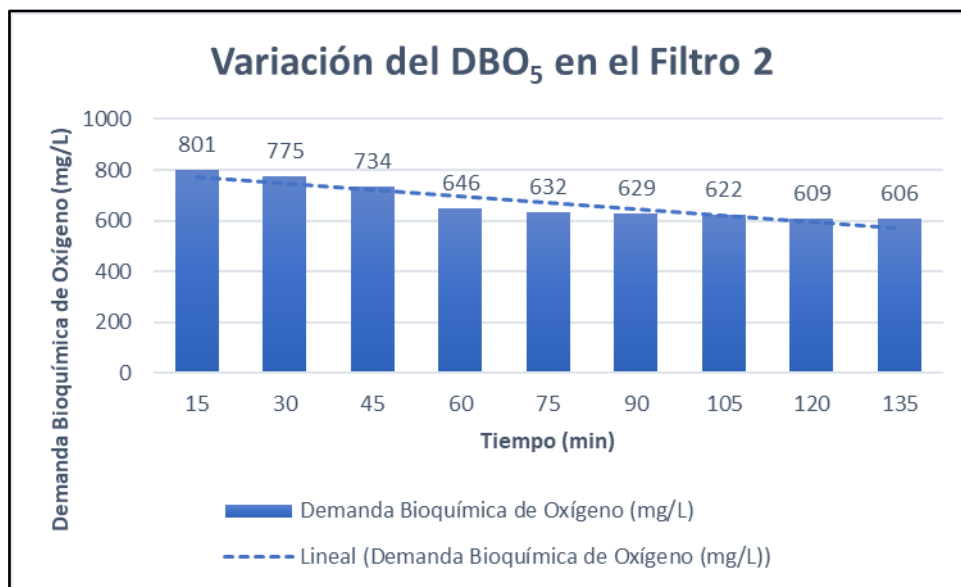


Figura 42: Reducción de la demanda bioquímica de oxígeno en el filtro 2

Incluso, en la presente Tabla 57 y Figura 42 con una dosis de 66 g de maghemita y 100 g de carbón activado se pudo conocer, según la evaluación en 9 tiempos los cuales fueron en aumento de 15 minutos, que a mayor tiempo de contacto entre el adsorbente y la muestra de agua; se reduce la DBO hasta alcanzar los 606 mg/L; demostrando así su efectividad en un lapso de 135 minutos.

Tabla 58: Demanda bioquímica de oxígeno con 100 g maghemita más biocarbón

Muestra	Oxígeno disuelto inicial (mg/L)	Oxígeno disuelto final (mg/L)	Dilución de la muestra (%)	DBO ₅ (mg/L)
B+M (100 - 15)	8.2	0.16	0.01	804
B+M (100 - 30)	8.2	0.42	0.01	778
B+M (100 - 45)	8.2	0.82	0.01	738
B+M (100 - 60)	8.2	1.63	0.01	657
B+M (100 - 75)	8.2	1.75	0.01	645
B+M (100 - 90)	8.2	1.84	0.01	636
B+M (100 - 105)	8.2	1.89	0.01	631
B+M (100 - 120)	8.2	1.92	0.01	628
B+M (100 - 135)	8.2	2.08	0.01	612

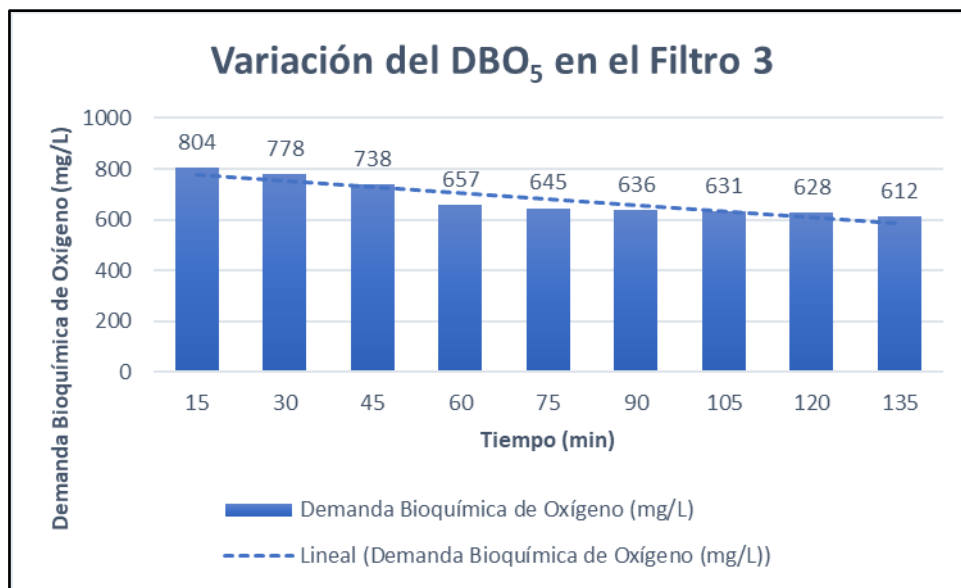


Figura 43: Reducción de la demanda bioquímica de oxígeno en el filtro 3

También, en la presente Tabla 58 y Figura 43 con una dosis de 100 g de maghemita y 100 g de carbón activado se pudo conocer, según la evaluación en 9 tiempos los cuales fueron en aumento de 15 minutos, que a mayor tiempo de contacto entre el adsorbente y la muestra de agua; se reduce la DBO hasta alcanzar los 612 mg/L; demostrando así su efectividad en un lapso de 135 minutos

Tabla 59: Plomo (II) adsorbato y adsorbente con 34 g maghemita más biocarbón

Muestra	Pb (II) en el agua (mg/L)	Pb (II) en el biocarbón + maghemita (mg/L)
B+M (34 - 15)	0.718	0.09
B+M (34 - 30)	0.528	0.28
B+M (34 - 45)	0.301	0.51
B+M (34 - 60)	0.101	0.71
B+M (34 - 75)	0.095	0.71
B+M (34 - 90)	0.085	0.72
B+M (34 - 105)	0.078	0.73
B+M (34 - 120)	0.069	0.74
B+M (34 - 135)	0.050	0.76

En la Tabla 59 se indica los valores de Pb en el agua y Pb en el adsorbente cuya relación fue de 34g de maghemita más 100 g de biocarbón, para 9 tiempos, de ello se obtuvo que a mayor tiempo de contacto es mayor la reducción de Pb en el agua demostrando la efectividad en un lapso total de 135 minutos y obteniendo 0.050 mg/L de valor final de pb en el agua. Este dato es menor, pero mejor en comparación de los obtenidos en las Tablas 60 y 61.

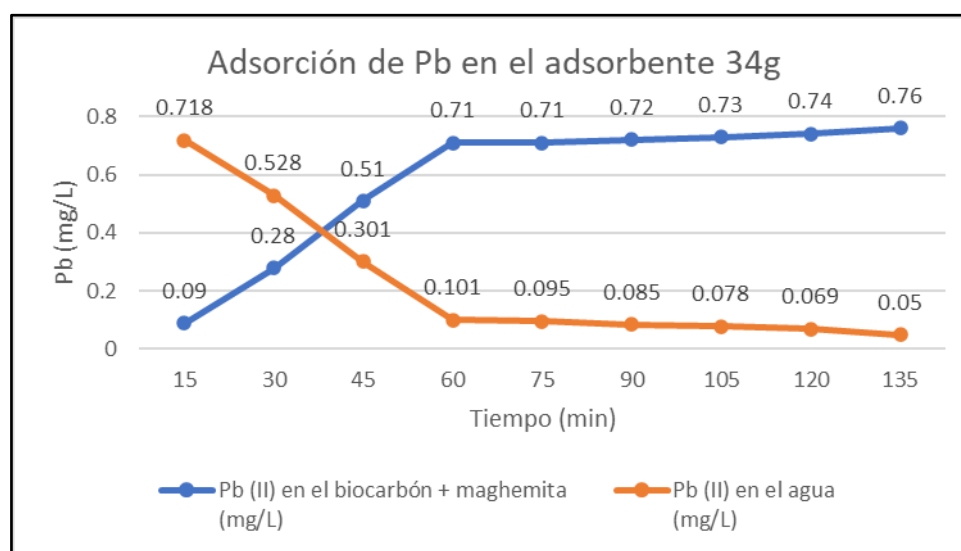


Figura 44: Adsorción de Pb en el adsorbente 34g de maghemita

En la dosis de 34 g del nanocompuesto se observa en la Figura 44, como es que en los 9 tiempos esta va extrayendo al Pb (II) del agua contaminada llegando a un 93.69% de reducción y una concentración final de Pb 0.050 mg/L en la muestra de agua.

Tabla 60: Plomo (II) adsorbato y adsorbente con 66 g maghemita más biocarbón

Muestra	Pb (II) en el agua (mg/L)	Pb (II) en el biocarbón + maghemita (mg/L)
B+M (66 - 15)	0.746	0.06
B+M (66 - 30)	0.532	0.28
B+M (66 - 45)	0.318	0.49
B+M (66 - 60)	0.198	0.61
B+M (66 - 75)	0.186	0.62
B+M (66 - 90)	0.134	0.67
B+M (66 - 105)	0.098	0.71
B+M (66 - 120)	0.088	0.72
B+M (66 - 135)	0.071	0.74

En la Tabla 60 se indica los valores de Pb en el agua y de Pb en el adsorbente con 66 g de maghemita más 100 g de biocarbón, para nueve tiempos, de ello se obtuvo que a mayor tiempo de contacto es mayor la reducción de Pb en el agua demostrando la efectividad en un lapso total de 135 minutos y obteniendo 0.071 mg/L de valor final de Pb en el agua.

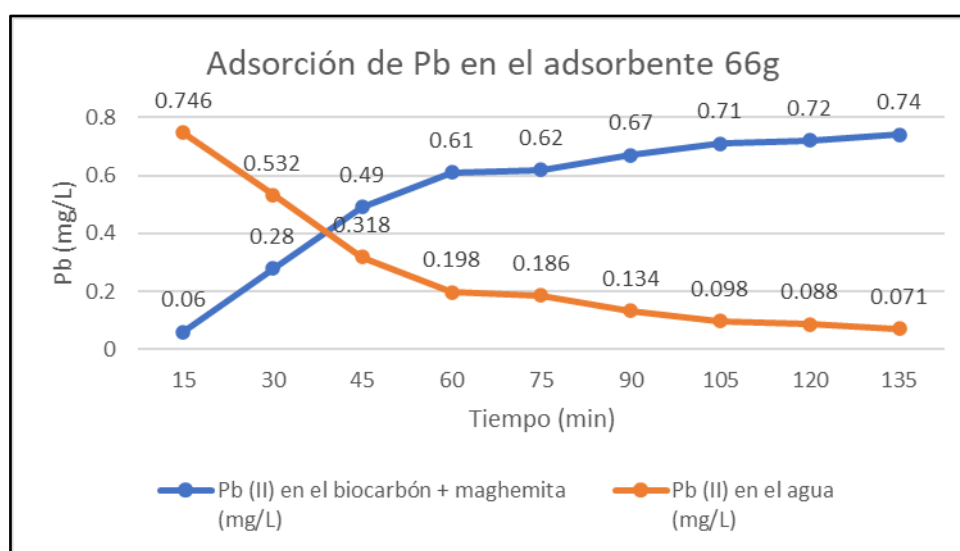


Figura 45: Adsorción de Pb en el adsorbente 66g de maghemita

En la dosis de 66 g del nanocompuesto se observa en la Figura 45 el comportamiento del carbón activado frente a las concentraciones del Pb en el agua en los 9 tiempos evaluados alcanzando una reducción de Pb del 91.21% y una concentración final de 0.071 mg/L en la muestra de agua.

Tabla 61: Plomo (II) adsorbato y adsorbente con 100 g maghemita más biocarbón

Muestra	Pb (II) en el agua (mg/L)	Pb (II) en el biocarbón + maghemita (mg/L)
B+M (100 - 15)	0.765	0.04
B+M (100 - 30)	0.535	0.27
B+M (100 - 45)	0.334	0.47
B+M (100 - 60)	0.195	0.61
B+M (100 - 75)	0.184	0.62
B+M (100 - 90)	0.099	0.71
B+M (100 - 105)	0.093	0.72
B+M (100 - 120)	0.081	0.73
B+M (100 - 135)	0.079	0.73

En la Tabla 61 se visualizan los valores de Pb en el agua y de Pb en el adsorbente con 100 g de maghemita más 100 g de biocarbón, para nueve tiempos, de ello se obtuvo que a mayor tiempo de contacto es mayor la reducción de Pb en el agua demostrando la efectividad en un lapso total de 135 minutos y obteniendo 0.079 mg/L de valor final de Pb en el agua.

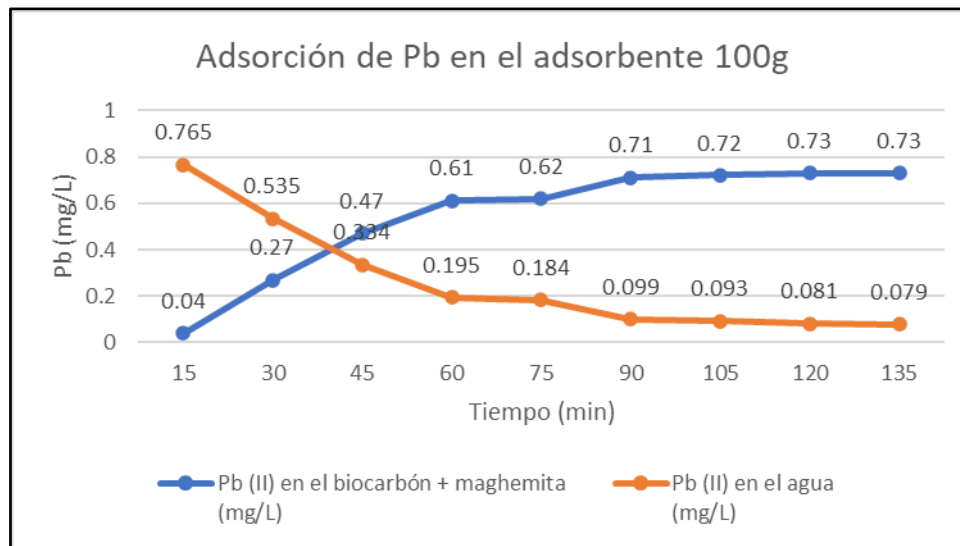


Figura 46: Adsorción de Pb en el adsorbente 100g de maghemita

En la dosis de 100 g del adsorbente se observa en la Figura 46 la acción del carbón activado frente a las concentraciones del Pb en el agua en los 9 tiempos evaluados obteniendo una reducción de Pb del 90.22% y una concentración final de 0.079 mg/L en la muestra de agua.

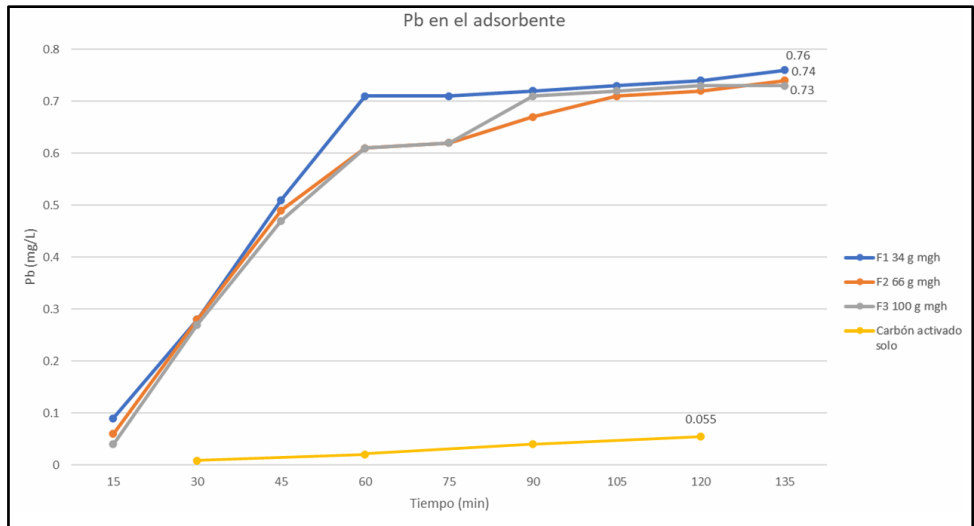


Figura 47: Comparación de resultados de adsorción de Pb en el adsorbente

En la Figura 47 se muestran los resultados obtenidos del tratamiento en los tres filtros, esto se evidencia en las líneas de color azul, anaranjado y gris, los cuales refieren a los filtros 1, 2 y 3 respectivamente, además en la línea amarilla se evidencia como referencia los valores obtenidos por Lazaro (2023).

Acorde al **quinto objetivo específico** planteado en la investigación se evaluó la eficiencia del biocarbón de *Ananas comosus* impregnadas con maghemita para remover el contaminante Pb (II) presente en el agua del río Chillón, las cuales demuestra los siguientes resultados:

Tabla 62: Eficiencia de adsorción de Pb en el biocarbón más maghemita

Tiempo de contacto (min)	Filtro 1 – 34g (mm-ppm)	Filtro 2 – 66g (mm-ppm)	Filtro 3 – 100g (mm-ppm)
15	0.09	0.06	0.04
30	0.28	0.28	0.27
45	0.51	0.49	0.47
60	0.71	0.61	0.61
75	0.71	0.62	0.62
90	0.72	0.67	0.71
105	0.73	0.71	0.72
120	0.74	0.72	0.73
135	0.76	0.74	0.73
Porcentaje total	93.69 %	91.21 %	90.22 %

Los datos recolectados sobre la eficiencia del nanocompuesto se ven reflejados en la Tabla 62, donde se detalla que el primer filtro, cuya dosis fue de 34 g de maghemita

y 100 g de carbón activado, pudo adsorber en su superficie el 93.69 % de Pb que presentaba la muestra de agua, así mismo el segundo filtro de 66 g de maghemita más 100 g biocarbón alcanzó el 91.21 % de contención de Pb y el tercer filtro de 100 g de maghemita y 100 g de carbón activado obtuvo el 90.22 % de retención de Pb, destacando así, el primer filtro para la adsorción de Pb en las aguas del río Chillón.

En base a todos los datos obtenidos se procedió a realizar el **análisis estadístico** mediante el uso de SPSS V.26, siendo el nivel de significancia $p < 0.05$ en todos los análisis.

Para el análisis de la primera hipótesis que es la capacidad de adsorción del carbón activado de cáscara de Ananas comosus impregnadas con nanopartículas de maghemita permite tratar Pb (II) de las aguas del río Chillón, se realizó dos pruebas estadísticas: la prueba de normalidad y la prueba de correlación, ya que se trabajó con dos variables cuantitativas, además los datos obtenidos en la investigación son de carácter experimental.

En relación a ello, se evalúa el estadístico de distribución normal que tiene H_0 y H_1 , lo cual permitió conocer la distribución de los datos obtenidos.

H_0 : Los valores siguen una distribución normal.

H_1 : Los valores no siguen una distribución normal.

Esto permite evaluar los valores de la capacidad de adsorción del carbón activado impregnado con nanopartículas de maghemita y los valores de la concentración de Pb que se encuentra en las aguas del río Chillón; para ello primero se identificará el estadístico que se va a emplear a través de la prueba de normalidad. Dicha prueba se ha constatado en la Tabla 63.

Tabla 63: Prueba de normalidad en adsorción y concentración de Pb

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Conc_Pb	,362	9	,001	,737	9	,004
Ads_Pb	,366	9	,001	,738	9	,004

De la Tabla 63 se evidencia la prueba de normalidad cuyo grado de significancia es menor a 0.05, ello indica una distribución no normal de los valores de adsorción del Pb, por ende, se debe aplicar Rho de Spearman. Esta prueba se evidencia en la Tabla 64.

Una vez conocido el comportamiento de distribución de los datos, se aplicó el estadístico de correlación que plantea H_0 y H_1 , el cual permitió establecer la relación entre los datos obtenidos.

H_0 : No existe correlación entre la capacidad de adsorción de plomo del biocarbón más maghemita y la concentración de Pb en las aguas del río Chillón.

H_1 : Existe correlación entre la capacidad de adsorción de plomo del biocarbón más maghemita y la concentración de Pb en las aguas del río Chillón.

Tabla 64: Prueba Rho de Spearman en la capacidad de adsorción del adsorbente

Correlaciones				
			Conc_ Pb	Ads_ Pb
Rho de Spearman	Conc_ Pb	Coefficiente de correlación	1,000	,996**
		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	9	9
Ads_P b	Ads_P b	Coefficiente de correlación	,996**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	9	9

La Tabla 64, evidencia la evaluación de la hipótesis con la prueba de Rho de Spearman entre la capacidad de adsorción de Pb del biocarbón más maghemita y la concentración de Pb en las aguas del río Chillón. Los resultados indican una correlación muy fuerte; siendo el valor de significancia $p < 0.05$ lo cual indica el rechazo de la hipótesis nula y la aceptación de la hipótesis alternativa.

Ahora para el análisis de la segunda hipótesis que es las características de elaboración e impregnación de biocarbón de *Ananas comosus* con maghemita

influyen en la remoción de plomo (II) de las aguas del río Chillón, se realizó dos pruebas estadísticas: la prueba de normalidad y la prueba de correlación, ya que se trabajó con dos variables cuantitativas, además los datos obtenidos en la investigación son de carácter experimental.

En relación a ello, se evalúa el estadístico de distribución normal que tiene H_0 y H_1 , lo cual permitió conocer la distribución de los datos obtenidos.

H_0 : Los valores siguen una distribución normal.

H_1 : Los valores no siguen una distribución normal.

Esto permite evaluar las características del carbón activado impregnado con nanopartículas de maghemita en relación a la cinética de adsorción del tratamiento plomo que se encuentra en las aguas del río Chillón; para ello primero se identificará el estadístico que se va a emplear a través de la prueba de normalidad. Dicha prueba se ha constatado en la tabla 65.

Tabla 65: Prueba de normalidad para la velocidad de adsorción del adsorbente

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Vel_ adsorción	,150	6	,200*	,973	6	,910
Cap_ adsorción	,226	6	,200*	,887	6	,303

De la tabla 65 se evidencia la prueba de normalidad cuyo grado de significancia es mayor a 0.05, ello indica una distribución normal, por ende, se debe aplicar Pearson para la prueba de hipótesis. Esta prueba se evidencia en la tabla 66.

Una vez conocido el comportamiento de distribución de los datos, se aplicó el estadístico de correlación que plantea H_0 y H_1 , el cual permitió establecer la relación entre los datos obtenidos.

H_0 : No existe correlación entre la velocidad de adsorción de plomo del biocarbón más maghemita y la capacidad de adsorción de Pb en las aguas del río Chillón.

H_1 : Existe correlación entre la velocidad de adsorción de plomo del biocarbón más maghemita y la capacidad de adsorción de Pb en las aguas del río Chillón.

Tabla 66: Prueba de Pearson para la velocidad de adsorción del adsorbente

		Vel_adsorción	Cap_adso rción
Vel_adsorción	Correlación de Pearson	1	,984**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	6	6
Cap_adsorción	Correlación de Pearson	,984**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	6	6

La Tabla 66, evidencia la evaluación de la hipótesis con la prueba de Pearson para la velocidad de adsorción de plomo y la capacidad de adsorción de Pb del biocarbón más maghemita en las aguas del río Chillón. Los resultados indican una correlación positiva y muy fuerte; siendo el valor de significancia $p < 0.05$ lo cual indica el rechazo de la hipótesis nula y la aceptación de la hipótesis alternativa.

Ahora para el análisis de la tercera hipótesis que es las condiciones operacionales del biocarbón más maghemita, influyen en la reducción de Pb (II) en el agua del río Chillón, se realizó dos pruebas estadísticas: la prueba de normalidad y la prueba de correlación, ya que se trabajó con dos variables cuantitativas, además los datos obtenidos en la investigación son de carácter experimental.

En relación a ello, se evalúa el estadístico de distribución normal que tiene H_0 y H_1 , lo cual permitió conocer la distribución de los datos obtenidos.

H_0 : Los valores siguen una distribución normal.

H_1 : Los valores no siguen una distribución normal.

Esto permite evaluar los valores de las isothermas de adsorción; para ello se identificará el estadístico que se va a emplear a través de la prueba de normalidad. Dicha prueba se ha constatado en la Tabla 67.

Tabla 67: Prueba de normalidad para las Isothermas de Langmuir y Freundlich

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
C_Langmuir	,226	6	,200*	,887	6	,303

C_Freundlich	,178	6	,200*	,922	6	,517
--------------	------	---	-------	------	---	------

De la Tabla 67 se evidencia la prueba de normalidad cuyo grado de significancia es mayor a 0.05, la cual indica una distribución normal por ende se debe aplicar Pearson para la prueba de hipótesis. Esta prueba se evidencia en la Tabla 68.

Una vez conocido el comportamiento de distribución de los datos, se aplicó el estadístico de correlación que plantea H_0 y H_1 , el cual permitió establecer la relación entre los datos obtenidos.

H_0 : No existe correlación entre la isoterma de Langmuir y Freundlich.

H_1 : Existe correlación entre la isoterma de Langmuir y Freundlich.

Tabla 68: Prueba de Pearson para las Isotermas de Langmuir y Freundlich

		C_Lang muir	C_Freund lich
C_Langmuir	Correlación de Pearson	1	,984**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	6	6
C_Freundlich	Correlación de Pearson	,984**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	6	6

La Tabla 68, evidencia la evaluación de la hipótesis con la prueba de Pearson para las isotermas de adsorción del biocarbón más maghemita en las aguas del río Chillón. Los resultados indican una correlación positiva muy fuerte; siendo el valor de significancia $p < 0.05$ lo cual indica el rechazo de la hipótesis nula y la aceptación de la hipótesis alternativa.

Ahora para el análisis de la cuarta hipótesis que es las características físicas, químicas, biológicas, gravimétricas y de concentración de Pb (II) después del uso de biocarbón más maghemita mejoran la calidad del agua en el río Chillón, se realizó dos pruebas estadísticas: la prueba de normalidad y la prueba de correlación, ya que se trabajó con dos variables cuantitativas, además los datos obtenidos en la investigación son de carácter experimental.

En relación a ello, se evalúa el estadístico de distribución normal que tiene H_0 y H_1 , lo cual permitió conocer la distribución de los datos obtenidos.

H_0 : Los valores siguen una distribución normal.

H_1 : Los valores no siguen una distribución normal.

Esto permite evaluar los valores de la conductividad eléctrica entre los tres filtros; para ello primero se identificará el estadístico que se va a emplear a través de la prueba de normalidad. Dicha prueba se ha constatado en la Tabla 69.

Tabla 69: Prueba de normalidad para la CE del agua tratada con el adsorbente

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CE_F1	,126	9	,200*	,954	9	,739
CE_F2	,136	9	,200*	,942	9	,605
CE_F3	,200	9	,200*	,898	9	,238

De la Tabla 69 se evidencia la prueba de normalidad cuyo grado de significancia es mayor a 0.05, la cual indica una distribución paramétrica, por ende, se debe aplicar Pearson para la prueba de hipótesis. Esta prueba se evidencia en la Tabla 70.

Una vez conocido el comportamiento de distribución de los datos, se aplicó el estadístico de correlación que plantea H_0 y H_1 , el cual permitió establecer la relación entre los datos obtenidos.

H_0 : No existe correlación entre la conductividad eléctrica y la concentración de adsorbente.

H_1 : Existe correlación entre la conductividad eléctrica y la concentración de adsorbente.

Tabla 70: Prueba de Pearson para la CE del agua tratada con el adsorbente

	CE_F 1	CE_F 2	CE_F 3

CE_ F1	Correlación de	1	,998**	,972**
	Pearson			
	Sig. (bilateral)		,000	,000
	N	9	9	9
CE_ F2	Correlación de	,998**	1	,966**
	Pearson			
	Sig. (bilateral)	,000		,000
	N	9	9	9
CE_ F3	Correlación de	,972**	,966**	1
	Pearson			
	Sig. (bilateral)	,000	,000	
	N	9	9	9

La Tabla 70, evidencia la evaluación de la hipótesis con la prueba de Pearson para el parámetro de conductividad eléctrica en los filtros: 1, 2 y 3, los resultados indican una correlación positiva y muy fuerte; siendo el valor de significancia $p < 0.05$ lo cual indica el rechazo de la hipótesis nula y la aceptación de la hipótesis alternativa.

En relación a ello, se evalúa el estadístico de distribución normal que tiene H_0 y H_1 , lo cual permitió conocer la distribución de los datos obtenidos.

H_0 : Los valores siguen una distribución normal.

H_1 : Los valores no siguen una distribución normal.

Esta hipótesis permite evaluar los valores del oxígeno disuelto entre los tres filtros; para ello primero se identificará el estadístico que se va a emplear a través de la prueba de normalidad. Dicha prueba se ha constatado en la Tabla 71.

Tabla 71: Prueba de normalidad para el OD del agua tratada con el adsorbente

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
OD_ F1	,153	9	,200*	,968	9	,879
OD_ F2	,156	9	,200*	,940	9	,587
OD_ F3	,116	9	,200*	,962	9	,817

De la Tabla 71 se evidencia la prueba de normalidad cuyo grado de significancia es mayor a 0.05, la cual indica una distribución paramétrica, por ende, se debe aplicar Pearson para la prueba de hipótesis. Esta prueba se evidencia en la Tabla 72.

Una vez conocido el comportamiento de distribución de los datos, se aplicó el estadístico de correlación que plantea H_0 y H_1 , el cual permitió establecer la relación entre los datos obtenidos.

H_0 : No existe correlación entre el oxígeno disuelto y la concentración de adsorbente.

H_1 : Existe correlación entre el oxígeno disuelto y la concentración de adsorbente.

Tabla 72: Prueba de Pearson para el OD del agua tratada con el adsorbente

		OD_F 1	OD_F 2	OD_F 3
OD_ F1	Correlación de Pearson	1	,963**	,986**
	Sig. (bilateral)		,000	,000
	N	9	9	9
OD_ F2	Correlación de Pearson	,963**	1	,960**
	Sig. (bilateral)	,000		,000
	N	9	9	9
OD_ F3	Correlación de Pearson	,986**	,960**	1
	Sig. (bilateral)	,000	,000	
	N	9	9	9

La Tabla 72, evidencia la evaluación de la hipótesis con la prueba de Pearson para el parámetro de oxígeno disuelto en los filtros: 1, 2 y 3. Los resultados indican una correlación positiva y muy fuerte; siendo el valor de significancia $p < 0.05$ lo cual indica el rechazo de la hipótesis nula y la aceptación de la hipótesis alternativa.

En relación a ello, se evalúa el estadístico de distribución normal que tiene H_0 y H_1 , lo cual permitió conocer la distribución de los datos obtenidos.

H_0 : Los valores siguen una distribución normal.

H_1 : Los valores no siguen una distribución normal.

Esta hipótesis permite evaluar los valores de la demanda química de oxígeno entre los tres filtros; para ello primero se identificará el estadístico que se va a emplear a través de la prueba de normalidad. Dicha prueba se ha constatado en la Tabla 73.

Tabla 73: Prueba de normalidad para el DQO del agua tratada con el adsorbente

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DQO_ F1	,176	9	,200*	,955	9	,742
DQO_ F2	,159	9	,200*	,945	9	,638
DQO_ F3	,126	9	,200*	,957	9	,770

En esta Tabla 73, se evidencia que la significancia de Shapiro-Wilk es superior a 0.05, por lo tanto, los valores de la demanda química de oxígeno son normales, es decir que son datos paramétricos, por ende, ahora se evaluará por Pearson, esta prueba se detalla en la Tabla 74.

Una vez conocido el comportamiento de distribución de los datos, se aplicó el estadístico de correlación que plantea H_0 y H_1 , el cual permitió establecer la relación entre los datos obtenidos.

H_0 : No existe correlación entre la demanda química de oxígeno y la concentración de adsorbente.

H_1 : Existe correlación entre la demanda química de oxígeno y la concentración de adsorbente.

Tabla 74: Prueba de Pearson para el DQO del agua tratada con el adsorbente

		DQO_ F1	DQO_ F2	DQO_ F3
DQO_ F1	Correlación de Pearson	1	,995**	,992**
	Sig. (bilateral)		,000	,000
	N	9	9	9
DQO_ F2	Correlación de Pearson	,995**	1	,981**
	Sig. (bilateral)	,000		,000

	N	9	9	9
DQO_ F3	Correlación de Pearson	,992**	,981**	1
	Sig. (bilateral)	,000	,000	
	N	9	9	9

En la Tabla 74 se determinó que los valores paramétricos tienen una correlación muy alta, además que la significancia es menor al p valor de 0.05 el cual nos indica rechazar la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

En relación a ello, se evalúa el estadístico de distribución normal que tiene H_0 y H_1 , lo cual permitió conocer la distribución de los datos obtenidos.

H_0 : Los valores siguen una distribución normal.

H_1 : Los valores no siguen una distribución normal.

Esta hipótesis permite evaluar los valores de los sólidos suspendidos totales entre los tres filtros; para ello primero se identificará el estadístico que se va a emplear a través de la prueba de normalidad. Dicha prueba se ha constatado en la Tabla 75.

Tabla 75: Prueba de normalidad para los SST del agua tratada con el adsorbente

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
SST_ F1	,162	9	,200*	,928	9	,466
SST_ F2	,168	9	,200*	,901	9	,256
SST_ F3	,174	9	,200*	,886	9	,182

En la Tabla 75 se demuestra que la significancia que arrojo Shapiro-Wilk fue superior a $p < 0.05$, por lo tanto, los valores de los sólidos suspendidos totales son paramétricos, es por ello que se realizó la prueba de Pearson, el cual se detalla en la Tabla 76.

Una vez conocido el comportamiento de distribución de los datos, se aplicó el estadístico de correlación que plantea H_0 y H_1 , el cual permitió establecer la relación entre los datos obtenidos.

H_0 : No existe correlación entre los sólidos suspendidos totales y la concentración de adsorbente.

H₁: Existe correlación entre los sólidos suspendidos totales y la concentración de adsorbente.

Tabla 76: Prueba de Pearson para los SST del agua tratada con el adsorbente

		SST_ F1	SST_ F2	SST_ F3
SST_ F1	Correlación de Pearson	1	,995**	,994**
	Sig. (bilateral)		,000	,000
	N	9	9	9
SST_ F2	Correlación de Pearson	,995**	1	,998**
	Sig. (bilateral)	,000		,000
	N	9	9	9
SST_ F3	Correlación de Pearson	,994**	,998**	1
	Sig. (bilateral)	,000	,000	
	N	9	9	9

En la Tabla 76 se evidencio que los datos paramétricos tienen una correlación muy alta, además de indicar que la significancia es $p < 0.05$, ante ello se puede rechazar la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa de la investigación.

En relación a ello, se evalúa el estadístico de distribución normal que tiene H₀ y H₁, lo cual permitió conocer la distribución de los datos obtenidos.

H₀: Los valores siguen una distribución normal.

H₁: Los valores no siguen una distribución normal.

Esta hipótesis permite evaluar los valores de los sólidos disueltos entre los tres filtros; para ello primero se identificará el estadístico que se va a emplear a través de la prueba de normalidad. Dicha prueba se ha constatado en la Tabla 77.

Tabla 77: Prueba de normalidad para los SD del agua tratada con el adsorbente

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
SD_ F1	,194	9	,200*	,902	9	,262

SD_ F2	,195	9	,200*	,906	9	,287
SD_ F3	,159	9	,200*	,939	9	,575

En la Tabla 77 se demuestra que la significancia que arrojó Shapiro-Wilk fue superior a $p < 0.05$, por lo tanto, los valores de los sólidos disueltos son paramétricos, es por ello que se realizó la prueba de Pearson, el cual se detalla en la Tabla 78.

Una vez conocido el comportamiento de distribución de los datos, se aplicó el estadístico de correlación que plantea H_0 y H_1 , el cual permitió establecer la relación entre los datos obtenidos.

H_0 : No existe correlación entre los sólidos suspendidos totales y la concentración de adsorbente.

H_1 : Existe correlación entre los sólidos suspendidos totales y la concentración de adsorbente.

Tabla 78: Prueba de Pearson para los SD del agua tratada con el adsorbente

		SD_F 1	SD_F 2	SD_F 3
SD_ F1	Correlación de Pearson	1	,990**	,937**
	Sig. (bilateral)		,000	,000
	N	9	9	9
SD_ F2	Correlación de Pearson	,990**	1	,949**
	Sig. (bilateral)	,000		,000
	N	9	9	9
SD_ F3	Correlación de Pearson	,937**	,949**	1
	Sig. (bilateral)	,000	,000	
	N	9	9	9

En la Tabla 78 se evidenció que los datos paramétricos tienen una correlación muy alta, además de indicar que la significancia es inferior a $p < 0.05$, debido a ello se puede rechazar la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa de la investigación.

Ahora para el análisis de la quinta hipótesis que es el biocarbón de *Ananas comosus* impregnadas con maghemita es eficiente para la remoción del contaminante Pb (II) presente en el agua del río Chillón, se realizó dos pruebas estadísticas: la prueba de normalidad y la prueba de correlación, ya que se trabajó con dos variables cuantitativas, además los datos obtenidos en la investigación son de carácter experimental.

En relación a ello, se evalúa el estadístico de distribución normal que tiene H_0 y H_1 , lo cual permitió conocer la distribución de los datos obtenidos.

H_0 : Los valores siguen una distribución normal.

H_1 : Los valores no siguen una distribución normal.

En la actual hipótesis se evalúa los valores de la eficiencia del biocarbón más maghemita tras la adsorción del Pb que presentaron las muestras de agua, para ello se procedió a realizar la prueba de normalidad para identificar el estadístico a emplear, tales resultados son evidenciados en la Tabla 79.

Tabla 79: Prueba de normalidad para la eficiencia del adsorbente

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
EFIC_ F1	,366	9	,001	,738	9	,004
EFIC_ F2	,278	9	,043	,816	9	,031
EFIC_ F3	,273	9	,052	,799	9	,020

En la Tabla 79, se conoció que los valores de significancia no superaron $p < 0.05$, es decir que los datos evaluados respecto a la eficiencia del nanocompuesto no presentan una distribución normal, es por ello que se realiza la prueba Rho de Spearman, estos datos se detallan la Tabla 80.

Una vez conocido el comportamiento de distribución de los datos, se aplicó el estadístico de correlación que plantea H_0 y H_1 , el cual permitió establecer la relación entre los datos obtenidos.

H₀: No existe correlación entre las eficiencias del primero, segundo y tercer filtro

H₁: Existe correlación entre las eficiencias del primero, segundo y tercer filtro.

Tabla 80: Prueba Rho de Spearman para la eficiencia del adsorbente

			EFIC_ F1	EFIC_ F2	EFIC_ F3
Rho de Spearman	EFIC_ F1	Coeficiente de correlación	1,000	,996**	,992**
		Sig. (bilateral)	.	,000	,000
		N	9	9	9
	EFIC_ F2	Coeficiente de correlación	,996**	1,000	,996**
		Sig. (bilateral)	,000	.	,000
		N	9	9	9
	EFIC_ F3	Coeficiente de correlación	,992**	,996**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	,000	.
		N	9	9	9

En la Tabla 80 determino que los datos no paramétricos respecto a la eficiencia del nanocompuesto tienen una correlación muy fuerte, además que se evidencia que la significancia fue menor al $p < 0.05$, debido a ello se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

IV.- DISCUSIÓN

En base al objetivo específico, determinar las características de elaboración e impregnación de biocarbón de *Ananas comosus* con maghemita para la remoción de plomo (II) de las aguas del río Chillón, la materia prima se secó a temperatura ambiente durante 96 horas, adicional a ello se sometió a un segundo secado en una estufa a 40 °C por 24 horas, posteriormente se sometió la materia resultante a un proceso de pirolisis por medio de un horno anaeróbico partiendo con una temperatura de 100 °C durante 1 hora, luego paso a 200 °C por 1 1/2 hora, seguido a 250 °C por 1 hora hasta alcanzar los 300 °C con 30 minutos de duración, luego se llevó a molienda y tamizado hasta obtener un tamaño de 150 μm . Se empleo HCl de 0.1 N como agente activador y un lavado con agua destilada hasta alcanzar un pH de 7, además que se caracterizó el biocarbón, cuyos resultados fueron: humedad 17.60%, ceniza 33.36%, materia volátil 19.61% y el carbono fijo fue de 47.03%. Frente a ello, contrastamos con la investigación de Arul et al., (2023) cuyo título fue “Enhanced removal of Pb (II) and Cd (II) ions from aqueous systems using coated magnetic nanoparticles in activated carbon derived from corncob waste” donde elabora el adsorbente por medio de mazorcas de maíz, enfatizando primero en el lavado del material y secado a temperatura ambiente durante 72 horas, seguido de ello lo seca en un horno a 120 °C por 48 horas para luego de secado el material ponerlo en contacto con ácido sulfúrico de 18 N para obtener el carbón activado. Prosiguiendo al lavado con agua destilada hasta la obtención de un pH de 7, luego realizaron el proceso de molienda y tamizado hasta conseguir el tamaño de 100 μm , sin embargo, no se especifica la caracterización del adsorbente. Así mismo, Zhang et al., (2021) en su investigación denominada “Adsorption of Pb(II) and Cd(II) by magnetic activated carbon and its mechanism. Science of The Total Environment” elaboró su adsorbente hecho a base de polvo de paja con el tamaño de malla 60, realizando el proceso de pirolisis en un horno a tres temperaturas de 300, 400 y 500 °C durante 2 horas para luego activarlo y magnetizarlo por un proceso hidrotermal, no obstante, no se caracterizó el carbón activado. Ante lo expuesto, se destaca para la presente investigación el procedimiento la elaboración del carbón activado, ya que se emplea una temperatura de 300 °C para el proceso de pirolisis, a diferencia de los otros investigadores que tuvieron una temperatura superior a dicho valor; así mismo el agente activador que se destaca es el HCl y el tamaño de 150 μm del adsorbente el cual es el mayor al empleado por los autores mencionados.

De acuerdo a lo establecido en el objetivo específico, analizar las condiciones operacionales del biocarbón más maghemita para la reducción de Pb (II) en el agua del río Chillón, los valores que se obtuvieron fueron de 15 minutos para el tiempo de contacto por tratamiento, dando un tiempo total de 135 minutos; así mismo, el pH del biocarbón más maghemita fue 7, con 3 dosis variadas las cuales fueron de 34 g de maghemita más 100 g de carbón activado es decir una relación de 1:3, 66 g más 100 g de carbón activado es decir una relación de 2:3 y 100 g de maghemita más 100 g de carbón activado es decir una relación de 1:1 y el volumen por muestra de agua fue de 2 L, ante ello se constató con los datos obtenidos en la investigación de Alswat et al., (2023) la cual lleva por título "Role of nanohybrid NiO-Fe₃O₄ in enhancing the adsorptive performance of activated carbon synthesized from Yemeni-Khat leave in removal of Pb (II) and Hg (II) from aquatic systems", los cuales indicaron un tiempo de contacto total de 120 minutos a intervalos de 15 minutos, un pH de 7 para el adsorbente con nanopartícula, con dosis de 100 g para las relaciones de 1:20, 3:20 y 5:20 de NiO-Fe₃O₄ de adsorbente y cuyo volumen de muestra para la evaluación de parámetros fue de 100 mL. Por otra parte Li et al., (2022) en su trabajo de investigación denominado "Facile one-step synthesis of biochar supported iron nanoparticles for enhancing Pb (II) scavenging from water: Performance and mechanisms" trabajaron a tiempo de contacto total de 240 minutos, con un pH de 7 para el adsorbente, con 40 mg de dicho material a las relaciones de nanopartícula magnética con carbón activado de 5:1, 10:1, 15:1, 20:1, 25:1 y 30:1 y cuyo volumen de muestra fue de 50 mL para la evaluación de parámetros. Por lo mencionado destaca el valor 7 de pH del adsorbente el cual fue el mismo para todas las investigaciones, asimismo el tiempo de contacto varia siendo para esta investigación un tiempo intermedio de 135 min; así mismo las concentraciones de nanopartículas con carbón activado son variadas destacando que el volumen de la muestra para la evaluación de parámetros en esta investigación es mayor a las demás.

Según lo expuesto en el objetivo específico, determinar las características físicas, químicas, biológicas, gravimétricas y de concentración de Pb (II) antes y después del uso de biocarbón más maghemita en el agua del río Chillón, las medidas obtenidas después del tratamiento fueron una temperatura a 18 °C, pH de 7.18, CE de 965 uS/cm, PR de 185 mV, turbidez de 76 NTU, OD de 4.75 mg/L, DQO de 1080 mg/L, DBO de 577 mg/L, ST de 1199 mg/L, SD de 706 mg/L, SST 191 mg/L y concentración

final del contaminante fue de 0.050 mg/L, lo cuales son sometidos a comparación con los valores obtenidos de Porras (2019) en su investigación: “Mejoramiento de la calidad del agua de río Chillón utilizando carbón activado y nanopartículas de plata” donde los parámetros del agua que midió luego de la aplicación de su adsorbente fue el Pb registrando un valor de 0.023 mg/L, DBO obtuvo 4 mg/L y DQO consiguió 9 mg/L. Similar a ello Gonzales y Segovia (2020) en su investigación: “Evaluación experimental e informatizada de la reducción de arsénico total en el agua potable distribuida en el distrito de Quequeña, Arequipa, utilizando sistemas de tratamiento basados en carbón activado de coronta de maíz blanco (*Zea mays* L) y cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*)” evaluó el agua posterior al tratamiento, el cual como único parámetro que analizó fue el As pues obtuvo un valor de 0.0071667 mg/L. Así mismo Bobadilla y Leon (2022) en su investigación: “Remoción de Plomo (Pb) utilizando biofiltro con carbón activado de la cáscara de coco en el río Moche- Otuzco-2022” analizó las características del agua como el pH donde obtuvo 5.35, la conductividad eléctrica fue de 673 μ S/cm con una turbidez de 61.3 NTU y con concentraciones de Pb de 0.01 mg/L. Frente a los valores contrastados se evidencia que nuestra investigación abarca más parámetros evaluados tras la aplicación de nuestro adsorbente ya que en base a estos criterios evaluados podemos conocer la calidad del agua tratada.

Acorde a lo determinado en el objetivo específico, evaluar la eficiencia del biocarbón de *Ananas comosus* impregnadas con maghemita para remover el contaminante Pb (II) presente en el agua del río Chillón, los datos expuestos en la Tabla 61 muestran la eficiencia de adsorción del biocarbón más maghemita, cuyo valor es del 93.69 %, dicho resultado al ser cotejado con los datos obtenidos por Priyan V, Kumar y Narayanasamy (2022) en su estudio denominado “Toxicological assessment and adsorptive removal of lead (Pb) and Congo red (CR) from water by synthesized iron oxide/activated carbon (Fe_3O_4/AC) nanocomposite” menciona que su adsorbente de carbon activado con Fe_3O_4 obtienen de eficiencia para la remoción de Pb en agua el valor de 90.60%. Asimismo; Zhang et al., (2021) en artículo de investigación denominado “Adsorption of Pb(II) and Cd(II) by magnetic activated carbon and its mechanism” concluyen que el porcentaje de eficiencia de carbón activado obtenido a partir de polvo de paja y magnetizado con partículas magnéticas de Fe tiene una eficiencia de remoción de iones de Pb (II) del 87%. Por otra parte Deng et al., (2024)

en su investigación cuya denominación es: “Adsorption of Sb(III) and Pb(II) in wastewater by magnetic γ -Fe₂O₃-loaded sludge biochar: Performance and mechanisms” obtuvieron carbón modificado magnéticamente con Fe₂O₃ y cuya eficiencia de remoción de Pb (II) llegó a alcanzar el valor de 90%. Estos valores mencionados evidencian que los residuos orgánicos modificados con nanopartículas magnéticas poseen una gran eficiencia para la remoción de iones metálicos de Pb (II) de aguas contaminadas; destacando la eficiencia de remoción de Pb obtenida en esta investigación, la cual fue superior y permitió el tratamiento de las aguas del río Chillón.

V.- CONCLUSIONES

El adsorbente tiene una gran capacidad de adsorción ya que para la concentración de 34 g de maghemita más 100 g de carbón activado hecho a base de cáscara de *Ananas comosus* tuvo una gran reducción del Pb debido a que el valor del adsorbato fue de 0.050 mg/L y en el nanocompuesto fue de 0.76 mg/L.

Las características de elaboración fueron 300 °C para el proceso de pirolisis, luego la adición de HCl como agente activante del adsorbente, de igual modo se empleó el proceso térmico cuya temperatura fue de 100 °C para la obtención de maghemita, así mismo se empleó FeCl₃ para la impregnación de la nanopartícula al carbón activado.

Las condiciones operacionales de desempeño del nanocompuesto fue de pH 7, teniendo tres relaciones de 1:3, 2:3 y 1:1 respecto de la maghemita con carbón activado; el intervalo de tiempo de contacto fue de 15 minutos para un total de 9 tiempos, y el volumen por muestra fue de 2 L para la medición de los parámetros establecidos.

Los parámetros evaluados tras la aplicación del tratamiento fueron de 7.18 pH, conductividad eléctrica de 965 uS/cm, potencial redox de 185 mV, turbidez de 76 NTU, OD con 4.75 mg/L, DQO de 1080 mg/L, DBO fue de 577 mg/L, ST con 1199 mg/L, SD con 706 mg/L, SST con 191 mg/L y la concentración de Pb fue de 0.76 mg/L con la primera dosis del adsorbente.

La eficiencia de la dosis de 34 g de maghemita más 100 g de carbón activado obtuvo una reducción del 93.69% de la concentración del contaminante para la muestra de agua recolectada del río Chillón.

VI.- RECOMENDACIONES

Tal como se evidencia en las Tablas 38, 39 y 40 se observa que el nivel de pH aumenta y posteriormente transcurrido 30 minutos disminuye, es por ello que se recomienda evaluar en tiempos superiores a este intervalo.

Evaluar tratamientos con dosis de maghemita menores a la dosis de carbón activado, de igual manera se recomienda aumentar los tiempos de contacto con la muestra de agua a remediar.

Realizar estudios como el análisis de barrido electrónico para una mayor caracterización de la nanopartícula, así como la espectroscopía infrarroja.

Evaluar los parámetros microbiológicos del agua tras el tratamiento de carbón activado con nanopartículas magnéticas.

Elaborar compostaje con el carbón activado más maghemita empleado en los tratamientos

REFERENCIAS

- ABO MARKEB, A., MORAL-VICO, J., SÁNCHEZ, A. y FONT, X., 2023. Optimization of lead (II) removal from water and wastewater using a novel magnetic nanocomposite of aminopropyl triethoxysilane coated with carboxymethyl cellulose cross-linked with chitosan nanoparticles. *Arabian Journal of Chemistry*, vol. 16, no. 8, ISSN 1878-5352. DOI 10.1016/j.arabjc.2023.105022.
- ADHIKARI, S., NAM, H. y CHAKRABORTY, J.P., 2018. Chapter 8 - Conversion of Solid Wastes to Fuels and Chemicals Through Pyrolysis. En: T. BHASKAR, A. PANDEY, S.V. MOHAN, D.-J. LEE y S.K. KHANAL (eds.), *Waste Biorefinery* [en línea]. S.I.: Elsevier, pp. 239-263. ISBN 978-0-444-63992-9. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780444639929000082>.
- AGWU, E.J., ODANWU, S.E., EZEWUDO, B.I., ODO, G.E., NZEI, J.I., IHEANACHO, S.C. y ISLAM, Md.S., 2023. Assessment of water quality status using heavy metal pollution indices: A case from Eha-Amufu catchment area of Ebonyi River, Nigeria. *Acta Ecologica Sinica*, vol. 43, no. 6, ISSN 1872-2032. DOI 10.1016/j.chnaes.2023.02.003.
- ALSWAT, A.A., ASHMALI, A.M., ALQASMI, T.M., ALHASSANI, H.R. y ALSHORIFI, F.T., 2023. Role of nanohybrid NiO–Fe₃O₄ in enhancing the adsorptive performance of activated carbon synthesized from Yemeni-Khat leave in removal of Pb (II) and Hg (II) from aquatic systems. *Heliyon*, vol. 9, no. 3, ISSN 2405-8440. DOI 10.1016/j.heliyon.2023.e14301.
- ANBARANI, M.Z., RAMAVANDI, B. y BONYADI, Z., 2023. Modification of *Chlorella vulgaris* carbon with Fe₃O₄ nanoparticles for tetracycline elimination from aqueous media. *Heliyon*, vol. 9, no. 3, ISSN 2405-8440. DOI 10.1016/j.heliyon.2023.e14356.
- ANTONY, A. y MITRA, J., 2021. Refractive index-assisted UV/Vis spectrophotometry to overcome spectral interference by impurities. *Analytica Chimica Acta*, vol. 1149, ISSN 0003-2670. DOI 10.1016/j.aca.2020.12.061.
- ARTEAGA, H., ROBLETO-MARTINEZ, E., CAROLINA DE SOUSA SILVA, A., SOUTO, S., BATISTA, J. y XAVIER COSTA, E.J., 2021. Postharvest freezing process assessment of the blueberry structure in three acts: Bioimpedance,

- color, and granulometry analysis. *LWT*, vol. 151, ISSN 0023-6438. DOI 10.1016/j.lwt.2021.112237.
- ARUL, A., KAVITHA, S., ANAND BABU CHRISTUS, A., SURYA, V.J., RAVIKUMAR, A. y SIVALINGAM, Y., 2023. Enhanced removal of Pb (II) and Cd (II) ions from aqueous systems using coated magnetic nanoparticles in activated carbon derived from corncob waste. *Surfaces and Interfaces*, vol. 40, ISSN 2468-0230. DOI 10.1016/j.surfin.2023.103095.
- ASTUTI, W., SULISTYANINGSIH, T., KUSUMASTUTI, E., THOMAS, G.Y.R.S. y KUSNADI, R.Y., 2019. Thermal conversion of pineapple crown leaf waste to magnetized activated carbon for dye removal. *Bioresource Technology*, vol. 287, ISSN 0960-8524. DOI 10.1016/j.biortech.2019.121426.
- BARBHUIYA, S.N., BARHOI, D. y GIRI, S., 2023. Chapter 19 - Application of nanotechnology for heavy metals remediation from contaminated water. En: S.K. SHUKLA, S. KUMAR, S. MADHAV y P.K. MISHRA (eds.), *Metals in Water* [en línea]. S.l.: Elsevier, pp. 369-386. ISBN 978-0-323-95919-3. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780323959193000100>.
- BARLETTA, M., LIMA, A.R.A. y COSTA, M.F., 2019. Distribution, sources and consequences of nutrients, persistent organic pollutants, metals and microplastics in South American estuaries. *Science of The Total Environment*, vol. 651, ISSN 0048-9697. DOI 10.1016/j.scitotenv.2018.09.276.
- BENEDETTI, V., PATUZZI, F. y BARATIERI, M., 2018. Characterization of char from biomass gasification and its similarities with activated carbon in adsorption applications. *Transformative Innovations for a Sustainable Future – Part III*, vol. 227, ISSN 0306-2619. DOI 10.1016/j.apenergy.2017.08.076.
- BERGDAHL, I.A. y SKERFVING, S., 2022. Chapter 19 - Lead. En: G.F. NORDBERG y M. COSTA (eds.), *Handbook on the Toxicology of Metals (Fifth Edition)* [en línea]. S.l.: Academic Press, pp. 427-493. ISBN 978-0-12-822946-0. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128229460000362>.
- BERROCAL CCALLASACA, J., 2019. Adsorción de iones de plomo empleando quitosano para el tratamiento de aguas contaminadas de la cuenca baja del río

- Chillón [en línea]. 2019. S.I.: Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur. Disponible en: <http://repositorio.untels.edu.pe/jspui/handle/123456789/128>.
- BLAS FLORES, G.M., 2023. Remoción de fosfatos en aguas residuales domésticas con carbón activado de endocarpio de aceituna modificado con nanopartículas de hierro (III) [en línea]. 2023. S.I.: Universidad Científica del Sur. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12805/2985>.
- BOBADILLA, N. y Leon, M. Remoción de Plomo (PB) utilizando biofiltro con carbón activado de la cáscara de coco en el río Moche- Otuzco-2022. Tesis (Profesional en Ingeniería ambiental). Chicla: Universidad César Vallejo, 2022. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/105002>
- BORAH, P., SHARMA, V., KASHYAP, D., KUMAR, M. y SAHOO, B.M., 2023. Chapter 15 - Indigenous techniques to remove metals from contaminated water. En: S.K. SHUKLA, S. KUMAR, S. MADHAV y P.K. MISHRA (eds.), Metals in Water [en línea]. S.I.: Elsevier, pp. 285-303. ISBN 978-0-323-95919-3. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780323959193000161>.
- BOTE, J.G., CASTASUS, N.F.P., LAYUG, K.M., VICENTE, R.Z., YAMBAO, P.J.T., RUBI, R.V.C., ROQUE, E.C. y OLAY, J.G., 2023. Production of hydrochar using pineapple (Ananas comosus) peelings via hydrothermal carbonization. Materials Today: Proceedings [en línea], ISSN 2214-7853. DOI 10.1016/j.matpr.2023.05.464. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785323030973>.
- CARMELARUJA, T., SHARMA, R., DHIMAN, V., CHAND, S., PRASHANT y KONDAL, N., 2022. ZnO based nanoadsorbents for purification of lead contaminated water. Materials Today: Proceedings [en línea], ISSN 2214-7853. DOI 10.1016/j.matpr.2022.11.105. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221478532206953X>.
- CHANDRAN, A.M., VARUN, S., VARGHESE, L.A. y MURAL, P.K.S., 2023. 6 - Electrical and thermal conductivity studies of fluoropolymer nanocomposites. En: K. DESHMUKH y C.M. HUSSAIN (eds.), Advanced Fluoropolymer Nanocomposites [en línea]. S.I.: Woodhead Publishing, pp. 181-211. ISBN 978-

CHOQUE-QUISPE, D., S. RAMOS-PACHECO, B., A. LIGARDA-SAMANEZ, C., M. SOLANO-REYNOSO, A., CORREA-CUBA, O., QUISPE-QUISPE, Y. y CHOQUE-QUISPE, Y., 2022. Water pollution index of high Andean micro-basin of the Chumbao River, Andahuaylas, Peru/Indices de contaminación del agua de la microcuenca altoandina del río Chumbao, Andahuaylas, Peru. Revista Facultad de Ingeniería, no. 105, ISSN 0120-6230. DOI 10.17533/udea.redin.20210533.

CONTRERAS BLANCO, L.F., 2019. La Contaminación por Hierro - Plomo y su afectación en parámetros de Calidad del Agua en el río Chillón, estación San Diego – Noviembre, 2018. Master's Thesis. S.I.: Universidad Ricardo Palma.

DAS, R., 2022. Chapter 23 - Sources of lead (Pb) in atmosphere over Indian cities and health impacts. En: R.P. SINGH (ed.), Asian Atmospheric Pollution [en línea]. S.I.: Elsevier, pp. 435-452. ISBN 978-0-12-816693-2. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128166932000147>.

DECRETO Supremo N° 004-2017-MINAM. Ministerio del Ambiente. 7 de junio del 2017. Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-004-2017-minam/>.

DENG, S., REN, B., HOU, B., DENG, X., DENG, R., ZHU, G. y CHENG, S., 2024. Adsorption of Sb(III) and Pb(II) in wastewater by magnetic γ -Fe₂O₃-loaded sludge biochar: Performance and mechanisms. Chemosphere, vol. 349, ISSN 0045-6535. DOI 10.1016/j.chemosphere.2023.140914.

DEVI, V., SELVARAJ, M., SELVAM, P., KUMAR, A.A., SANKAR, S. y DINAKARAN, K., 2017. Preparation and characterization of CNSR functionalized Fe₃O₄ magnetic nanoparticles: An efficient adsorbent for the removal of cadmium ion from water. Journal of Environmental Chemical Engineering, vol. 5, no. 5, ISSN 2213-3437. DOI 10.1016/j.jece.2017.08.036.

DONGA, C., MISHRA, S.B., ABD-EL-AZIZ, A.S., NDLOVU, L.N., MISHRA, A.K. y KUVAREGA, A.T., 2022. (3-Aminopropyl) Triethoxysilane (APTES) Functionalized Magnetic Nanosilica Graphene Oxide (MGO) Nanocomposite

for the Comparative Adsorption of the Heavy Metal [Pb(II), Cd(II) and Ni(II)] Ions from Aqueous Solution. *Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials*, vol. 32, no. 6, ISSN 1574-1451. DOI 10.1007/s10904-022-02287-z.

DUCONSEILLE, A., FRANÇOIS, O., BRUNO, P., CÉLINE, L., MARIE-AGNÈS, P. y MARTINE, H., 2019. Measuring the effects of in vitro mastication on bolus granulometry of shredded meat: A proposal for a new methodological procedure. *Food Research International*, vol. 116, ISSN 0963-9969. DOI 10.1016/j.foodres.2018.10.014.

DWIVEDI, K.K., PRAMANICK, A.K., KARMAKAR, M.K. y CHATTERJEE, P.K., 2021. 6 - Waste coal utilization: a potential way to convert waste to energy. En: R.O.A. RAHMAN y C.M. HUSSAIN (eds.), *Handbook of Advanced Approaches Towards Pollution Prevention and Control* [en línea]. S.I.: Elsevier, pp. 163-191. ISBN 978-0-12-822134-1. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128221341000063>.

EGE, F. y PAHINKAR, D.G., 2023. Experimental investigation of water adsorption in MIL-101 (Cr)-coated microchannels. *Chemical Engineering Journal*, vol. 472, ISSN 1385-8947. DOI 10.1016/j.cej.2023.144960.

EZZATI, R., 2020. 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*, vol. 392, ISSN 1385-8947. DOI 10.1016/j.cej.2019.123705.

FRAGOSO-CASTILLA, P.J., RUBIANO, L.A. y KERGUELEN, J.J., 2021. Análisis de variables físico-químicas en el proceso de remoción de coliformes en el sistema de lagunas de oxidación, Salguero, Valledupar (Colombia). *Información tecnológica*, vol. 32, ISSN 0718-0764.

FUNDNEIDER, T., ACEVEDO ALONSO, V., ABBT-BRAUN, G., WICK, A., ALBRECHT, D. y LACKNER, S., 2021. Empty bed contact time: The key for micropollutant removal in activated carbon filters. *Water Research*, vol. 191, ISSN 0043-1354. DOI 10.1016/j.watres.2020.116765.

GANESH KUMAR, C., POORNACHANDRA, Y. y POMBALA, S., 2017. Chapter 1 - Therapeutic nanomaterials: from a drug delivery perspective. En: E.

ANDRONESCU y A.M. GRUMEZESCU (eds.), Nanostructures for Drug Delivery [en línea]. S.l.: Elsevier, pp. 1-61. ISBN 978-0-323-46143-6. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780323461436000014>.

GONZALES, C. y Segovia, C. Evaluación experimental e informatizada de la reducción de arsénico total en el agua potable distribuida en el distrito de Quequeña, Arequipa, utilizando sistemas de tratamiento basados en carbón activado de coronta de maíz blanco (*Zea mays* l) y cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*). Tesis (Profesional en Ingeniería ambiental). Arequipa: Universidad Católica de Santa María, 2020. Disponible en: <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/10285>.

GUL, A., MA'AMOR, A., KHALIGH, N.G. y MUHD JULKAPLI, N., 2022. Recent advancements in the applications of activated carbon for the heavy metals and dyes removal. *Chemical Engineering Research and Design*, vol. 186, ISSN 0263-8762. DOI 10.1016/j.cherd.2022.07.051.

GUO, L., XU, X., NIU, C., WANG, Q., PARK, J., ZHOU, L., LEI, H., WANG, X. y YUAN, X., 2024. Machine learning-based prediction and experimental validation of heavy metal adsorption capacity of bentonite. *Science of The Total Environment*, vol. 926, ISSN 0048-9697. DOI 10.1016/j.scitotenv.2024.171986.

HAMMOUDA, S. ben, CHEN, Z., AN, C., LEE, K. y ZAKER, A., 2022. Buoyant oleophilic magnetic activated carbon nanoparticles for oil spill cleanup. *Cleaner Chemical Engineering*, vol. 2, ISSN 2772-7823. DOI 10.1016/j.clce.2022.100028.

HEMACHANDRA, S.C.S.M. y SEWWANDI, B.G.N., 2023. Application of water pollution and heavy metal pollution indices to evaluate the water quality in St. Sebastian Canal, Colombo, Sri Lanka. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, vol. 20, ISSN 2215-1532. DOI 10.1016/j.enmm.2023.100790.

IBRAHIM, A., ISMAIL, A., JUAHIR, H., IHSAN, Y.N., SUDIANTO, S., OVINIS, M., KASSIM, A.M., HANAPI, N.H.M. y HAFIZI, A.D., 2023. Preparation and

- characterization of activated carbon obtained from *Melaleuca cajuputi* leaves. *Carbon Trends*, ISSN 2667-0569. DOI 10.1016/j.cartre.2023.100301.
- JAIN, A., MICHALSKA, M., ZASZCZYŃSKA, A. y DENIS, P., 2022. Surface modification of activated carbon with silver nanoparticles for electrochemical double layer capacitors. *Journal of Energy Storage*, vol. 54, ISSN 2352-152X. DOI 10.1016/j.est.2022.105367.
- JI, J., CHEN, G., ZHAO, J. y WEI, Y., 2020. Efficient removal of Pb (II) by inexpensive magnetic adsorbents prepared from one-pot pyrolysis of waste tyres involved magnetic nanoparticles. *Fuel*, vol. 282, ISSN 0016-2361. DOI 10.1016/j.fuel.2020.118715.
- JIANG, K., YU, Z., CAO, X., SONG, X., ZANG, X., CHI, L. y JIANG, W., 2023. An optimization strategy for highly efficient flocculation and capture of algal cells: Controlling dosing patterns of modified clay. *Environmental Technology & Innovation*, vol. 32, ISSN 2352-1864. DOI 10.1016/j.eti.2023.103359.
- JIN, Haize, QIU, C., LI, Y., LIU, J., ZHANG, D., CHEN, Q., LU, X., LI, C. y WANG, Q., 2024. Insight into adsorption properties and mechanism of geopolymer adsorbents with inherent alkali release for tetracycline. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, vol. 12, no. 3, ISSN 2213-3437. DOI 10.1016/j.jece.2024.112663.
- JIN, Jianxiang, WANG, M., HUI, C., SUN, K. y LIU, B., 2024. Electrochemical determination of chemical oxygen demand using glucose standard at nickel(II) hydroxide modified electrode. *International Journal of Electrochemical Science*, vol. 19, no. 2, ISSN 1452-3981. DOI 10.1016/j.ijoes.2024.100467.
- JOSHIBA, G.J., KUMAR, P.S., RANGASAMY, G., NGUEAGNI, P.T., POOJA, G., BALJI, G.B., ALAGUMALAI, K. y EL-SEREHY, H.A., 2022. Iron doped activated carbon for effective removal of tartrazine and methylene blue dye from the aquatic systems: Kinetics, isotherms, thermodynamics and desorption studies. *Environmental Research*, vol. 215, ISSN 0013-9351. DOI 10.1016/j.envres.2022.114317.

- KHUDYAKOV, I.V., 2024. The measurement of one-electron redox potentials of free radicals **Funding information None. *Journal of Physical Organic Chemistry*, ISSN 0894-3230. DOI 10.1002/poc.4608.
- KIMAMBO, V., LIGATE, F.J., IJUMULANA, J., MAITY, J.P., JONG, R., AHMAD, A., HAMISI, R., MTAMBA, J., MTALO, F. y BHATTACHARYA, P., 2023. Optimization of fluoride removal using calcined bauxite: Adsorption isotherms and kinetics. *Groundwater for Sustainable Development*, vol. 21, ISSN 2352-801X. DOI 10.1016/j.gsd.2023.100922.
- KUMAR, A., JAYEOYE, T.J., MOHITE, P., SINGH, S., RAJPUT, T., MUNDE, S., EZE, F.N., CHIDRAWAR, V.R., PURI, A., PRAJAPATI, B.G. y PARIHAR, A., 2024. Sustainable and consumer-centric nanotechnology-based materials: An update on the multifaceted applications, risks and tremendous opportunities. *Nano-Structures & Nano-Objects*, vol. 38, ISSN 2352-507X. DOI 10.1016/j.nanoso.2024.101148.
- KUMAR, R., VAIDH, S., PAREKH, D., VASOYA, N., SHAH, M. y VISHWAKARMA, G.S., 2022. Chapter 15 - Self-assembled nanomaterials for cleansing and bioremediation. En: A. PANDYA, R.S. BHOSALE y V. SINGH (eds.), *Design, Principle and Application of Self-Assembled Nanobiomaterials in Biology and Medicine* [en línea]. S.I.: Academic Press, pp. 251-258. ISBN 978-0-323-90984-6. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780323909846000064>.
- Lazaro, H. Bioadsorbente con cáscara de piña para el tratamiento de aguas contaminados por plomo del río Chillón, Lima, 2023. Tesis (Título profesional en Ingeniería ambiental). Lima: Universidad César Vallejo, 2023. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/126157>.
- LI, H., JIANG, Q., LI, R., ZHANG, R., JIANG, S., ZHANG, J., QU, J., ZHANG, L. y ZHANG, Y., 2022. Facile one-step synthesis of biochar supported iron nanoparticles for enhancing Pb(II) scavenging from water: Performance and mechanisms. *Journal of Molecular Liquids*, vol. 353, ISSN 0167-7322. DOI 10.1016/j.molliq.2022.118815.

- LIU, S., 2020. Chapter 13 - How cells grow. En: S. LIU (ed.), *Bioprocess Engineering (Third Edition)* [en línea]. S.I.: Elsevier, pp. 545-592. ISBN 978-0-12-821012-3. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128210123000130>.
- MA, Z., GE, Z., LIU, K., WANG, C., WU, T. y ZHANG, J., 2023. Application of calcium peroxide for efficient treatment of surface water turbidity: Mechanisms and microbial community responses. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, vol. 11, no. 5, ISSN 2213-3437. DOI 10.1016/j.jece.2023.110905.
- MAITY, J.P., CHEN, Y.-P., PROMSRI, J., HUANG, Y.-H., SHARMA, R.K., CHEN, Y.-H., LIN, P.-Y., TANGWATTANACHULEEPORN, M., POOLPOL, K., CHEN, T.-H. y CHEN, C.-Y., 2023. Ecofriendly removal of Lead, Cadmium and Arsenic along with turbidity from contaminated water using natural reservoir clay (NRC) and *S. pasteurii* derived urease. *Desalination*, vol. 556, ISSN 0011-9164. DOI 10.1016/j.desal.2023.116522.
- MANDAL, S., CALDERON, J., MARPU, S.B., OMARY, M.A. y SHI, S.Q., 2021. Mesoporous activated carbon as a green adsorbent for the removal of heavy metals and Congo red: Characterization, adsorption kinetics, and isotherm studies. *Journal of Contaminant Hydrology*, vol. 243, ISSN 0169-7722. DOI 10.1016/j.jconhyd.2021.103869.
- MIRZAEI, E. y SARTAJ, M., 2022. Activated carbon-based magnetic composite as an adsorbent for removal of polycyclic aromatic hydrocarbons from aqueous phase: Characterization, adsorption kinetics and isotherm studies. *Journal of Hazardous Materials Advances*, vol. 6, ISSN 2772-4166. DOI 10.1016/j.hazadv.2022.100083.
- MIRZAEI, S.A., BAYATI, B., VALIZADEH, M.R., GOMES, H.T. y NOORIMOTLAGH, Z., 2021. Adsorption of diclofenac on mesoporous activated carbons: Physical and chemical activation, modeling with genetic programming and molecular dynamic simulation. *Chemical Engineering Research and Design*, vol. 167, ISSN 0263-8762. DOI 10.1016/j.cherd.2020.12.025.
- MISHRA, D., BANSAL, P., KUMAR SINGH, S., ADHIKARI, A. y CHATTERJEE, S., 2023. Undoped polyaniline-modified sawdust as an adsorbent for lead removal.

- Materials Today: Proceedings [en línea], ISSN 2214-7853. DOI 10.1016/j.matpr.2023.12.002. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785323052896>.
- MONDAL, S., DAS, P. y GIRI, S., 2023. Chapter 16 - Hydrogen trapping potential of a few novel molecular clusters and ions. En: P.K. CHATTARAJ, S. PAN y G. MERINO (eds.), Atomic Clusters with Unusual Structure, Bonding and Reactivity [en línea]. S.I.: Elsevier, pp. 297-312. ISBN 978-0-12-822943-9. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128229439000140>.
- MUKARUGWIRO, J.A., NEWETE, S.W., NSANGANWIMANA, F. y BYRNE, M.J., 2023. Water turbidity affects the establishment of *Neochetina eichhorniae* (Warner) (Coleoptera: Curculionidae): Implications for biological control of water hyacinth. *Environmental Research*, vol. 237, ISSN 0013-9351. DOI 10.1016/j.envres.2023.116946.
- MURRUGARRA-RETAMOZO, B.I., 2021. Contaminación Ambiental del río y el Grado de Responsabilidad Civil de la Población del río Chillón en el Período 2018. *Producción + Limpia*, vol. 16, ISSN 1909-0455.
- NATH, P.C., OJHA, A., DEBNATH, S., NEETU, K., BARDHAN, S., MITRA, P., SHARMA, M., SRIDHAR, K. y NAYAK, P.K., 2023. Recent advances in valorization of pineapple (*Ananas comosus*) processing waste and by-products: A step towards circular bioeconomy. *Trends in Food Science & Technology*, vol. 136, ISSN 0924-2244. DOI 10.1016/j.tifs.2023.04.008.
- ORGANIZACIÓN de la Naciones Unidas. Agua y saneamiento. 2023. Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>
- OTZEN, T. y MANTEROLA, C., 2017. Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International Journal of Morphology*, vol. 35, ISSN 0717-9502.
- OYOLA-GARCÍA, A.E., 2021. La variable. *Revista del Cuerpo Médico Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo*, vol. 14, ISSN 2227-4731.
- PABÓN GUERRERO, S.E., BENÍTEZ BENÍTEZ, R., SARRIA VILLA, R.A. y GALLO CORREDOR, J.A., 2020. Contaminación del agua por metales pesados,

métodos de análisis y tecnologías de remoción. Una revisión. Entre ciencia e ingeniería [en línea], vol. 14, no. 27, [consulta: 8 febrero 2024]. ISSN 19098367, 25394169. DOI 10.31908/19098367.1734. Disponible en: <https://revistas.ucp.edu.co/index.php/entrecienciaeingenieria/article/view/1734/2569>.

PABÓN, S.E., BENÍTEZ, R., SARRIA, R.A. y GALLO, J.A., 2020. Contaminación del agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción. Una revisión. Entre Ciencia e Ingeniería, vol. 14, ISSN 1909-8367.

PAGANI, A.P. y IBAÑEZ, G.A., 2024. Chapter 10 - Multiway calibration using spectral data modulated by pH. En: A.C. OLIVIERI, G.M. ESCANDAR, H.C. GOICOECHEA y A.M. DE LA PEÑA (eds.), Data Handling in Science and Technology [en línea]. S.l.: Elsevier, pp. 219-247. vol. 33. ISBN 0922-3487. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780443132612000084>.

PORRAS, Y. Mejoramiento de la calidad del agua de río Chillón utilizando carbón activado y nanopartículas de plata. Tesis (Profesional en Ingeniería ambiental). Lima: Universidad César Vallejo, 2019. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/61293>

PREETHI, B., KARMEGAM, N., MANIKANDAN, S., VICKRAM, S., SUBBAIYA, R., RAJESHKUMAR, S., GOMADURAI, C. y GOVARTHANAN, M., 2024. Nanotechnology-powered innovations for agricultural and food waste valorization: A critical appraisal in the context of circular economy implementation in developing nations. Process Safety and Environmental Protection, vol. 184, ISSN 0957-5820. DOI 10.1016/j.psep.2024.01.100.

PRIYAN V, V., KUMAR, N. y NARAYANASAMY, S., 2022. Toxicological assessment and adsorptive removal of lead (Pb) and Congo red (CR) from water by synthesized iron oxide/activated carbon (Fe₃O₄/AC) nanocomposite. Chemosphere, vol. 294, ISSN 0045-6535. DOI 10.1016/j.chemosphere.2022.133758.

RAHIMI, M., ZOLGHARNEIN, J. y DERMANAKI FARAHANI, S., 2024. Modification of magnetic active carbon nanocomposite with SiO₂ and Zincon for efficient

- removal of Pb(II) and 201Pb(II); multivariate optimization and adsorption characterization. *Inorganic Chemistry Communications*, vol. 162, ISSN 1387-7003. DOI 10.1016/j.inoche.2024.112127.
- RAHMAN, S.U., HAN, J.-C., AHMAD, M., GAO, S., KHAN, K.A., LI, B., ZHOU, Y., ZHAO, X. y HUANG, Y., 2023. Toxic effects of lead (Pb), cadmium (Cd) and tetracycline (TC) on the growth and development of *Triticum aestivum*: A meta-analysis. *Science of The Total Environment*, vol. 904, ISSN 0048-9697. DOI 10.1016/j.scitotenv.2023.166677.
- RAJAHMUNDRY, G.K., GARLAPATI, C., KUMAR, P.S., ALWI, R.S. y VO, D.-V.N., 2021. Statistical analysis of adsorption isotherm models and its appropriate selection. *Chemosphere*, vol. 276, ISSN 0045-6535. DOI 10.1016/j.chemosphere.2021.130176.
- ROSLI, N.A., AHMAD, M.A. y NOH, T.U., 2023. Unleashing the potential of pineapple peel-based activated carbon: Response surface methodology optimization and regeneration for methylene blue and methyl red dyes adsorption. *Inorganic Chemistry Communications*, vol. 155, ISSN 1387-7003. DOI 10.1016/j.inoche.2023.111041.
- RUTHIRAAN, M., ABDULLAH, E.C., MUBARAK, N.M. y NORAINI, M.N., 2017. A promising route of magnetic based materials for removal of cadmium and methylene blue from waste water. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, vol. 5, no. 2, ISSN 2213-3437. DOI 10.1016/j.jece.2017.02.038.
- SAADATI ARDESTANI, N. y AMANI, M., 2022. Supercritical solvent impregnation of sodium valproate nanoparticles on polymers: Characterization and optimization of the operational parameters. *Journal of CO2 Utilization*, vol. 64, ISSN 2212-9820. DOI 10.1016/j.jcou.2022.102159.
- SÁNCHEZ MOLINA, A.A. y MURILLO GARZA, A., 2021. Enfoques metodológicos en la investigación histórica: cuantitativa, cualitativa y comparativa. *Debates por la Historia*, vol. 9, no. 2, Redalyc
- SÁNCHEZ SILVA, N., 2018. Modelos cinéticos de adsorción de Cadmio en suelos de Venezuela. *Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*, vol. VI, no. 21, ISSN 1856-8327. Redalyc

- SANTOS, L.S.R. dos, TAMASHIRO, J.R., ZANELOTTI, D.S., SILVA, L.H.P., PAIVA, F.F.G. de, OLIVEIRA, D.V.M. de y KINOSHITA, A., 2022. Treatment of agro-industrial effluents with silver nanoparticles to reduce chemical oxygen demand and microorganisms. *Cleaner Waste Systems*, vol. 3, ISSN 2772-9125. DOI 10.1016/j.clwas.2022.100058.
- SENNIAPPAN, S., PALANISAMY, S., MANON MANI, V., UMESH, M., GOVINDASAMY, C., KHAN, M.I. y SHANMUGAM, S., 2023. Exploring the adsorption efficacy of *Cassia fistula* seed carbon for Cd (II) ion removal: Comparative study of isotherm models. *Environmental Research*, vol. 235, ISSN 0013-9351. DOI 10.1016/j.envres.2023.116676.
- SHANMUGANATHAN, R., NGUYEN, N.D., FATHIMA H, A., DEVANESAN, S., FARHAT, K. y LIU, X., 2023. In vitro analysis of iron oxide (Fe₃O₄) nanoparticle mediated degradation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and their antimicrobial activity. *Chemosphere*, vol. 345, ISSN 0045-6535. DOI 10.1016/j.chemosphere.2023.140513.
- SINGH, S., PASWAN, S.K., KUMAR, P., SINGH, R.K. y KUMAR, L., 2023. Chapter 14 - Heavy metal water pollution: an overview about remediation, removal and recovery of metals from contaminated water. En: S.K. SHUKLA, S. KUMAR, S. MADHAV y P.K. MISHRA (eds.), *Metals in Water* [en línea]. S.I.: Elsevier, pp. 263-284. ISBN 978-0-323-95919-3. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780323959193000185>.
- SŁOTA, M., WĄSIK, M., STOŁTNY, T., MACHOŃ-GRECKA, A. y KASPERCZYK, S., 2022. Effects of environmental and occupational lead toxicity and its association with iron metabolism. *Toxicology and Applied Pharmacology*, vol. 434, ISSN 0041-008X. DOI 10.1016/j.taap.2021.115794.
- SUCASAIRE PILCO, J., 2022. Orientaciones para la selección y el cálculo del tamaño de la muestra de investigación [en línea]. marzo 2022. S.I.: Sucasaire Pilco, Jorge. ISBN urn:isbn:978-612-00-7547-0. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12390/3096>.
- SUNDARAM, K.M., 2022. Chapter 10 - Permeability and electrical conductivity of rocks hosting multimodal pore systems and fractures. En: K.M. SUNDARAM y

- S. MUKHERJEE (eds.), *Developments in Petroleum Science* [en línea]. S.I.: Elsevier, pp. 735-824. vol. 76. ISBN 0376-7361. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780444641694000080>.
- TAMAY CRESPO, A., 2019. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE BIOSORCIÓN Y DESORCIÓN DE LA CORONA DE PIÑA (*Ananas comosus*) PARA LA REMOCIÓN DE METALES PESADOS. *Dspaces.ops.edu.ec* [en línea]. S.I.: [consulta: 5 octubre 2023]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17182/1/UPS-CT008215.pdf>.
- THOMAS, M.-F., BURGESS, C. y THOMAS, O., 2022. Chapter 7 - Physical and aggregation properties. En: O. THOMAS y C. BURGESS (eds.), *UV-Visible Spectrophotometry of Waters and Soils (Third Edition)* [en línea]. S.I.: Elsevier, pp. 233-258. ISBN 978-0-323-90994-5. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780323909945000046>.
- TIWARI, G., REKHA DEVI, R., MAHANTA, S.P., RAUL, P.K., CHATTERJEE, S. y VRAT KAMBOJ, D., 2023. Copper oxide nanoparticles modified activated carbon nanocomposite towards removal of tetracycline from waste water. *Inorganic Chemistry Communications*, vol. 152, ISSN 1387-7003. DOI 10.1016/j.inoche.2023.110687.
- TRAN, H.V., HUYNH, C.D. y TRAN, L.D., 2023. Chapter 4 - Recoverable and regenerable magnetite-based nanocomposite adsorbents for heavy metal removal in contaminated water. En: INAMUDDIN, T. ALTALHI y M.A.J. MAZUMDER (eds.), *Green Sustainable Process for Chemical and Environmental Engineering and Science* [en línea]. S.I.: Elsevier, pp. 113-154. ISBN 978-0-443-18746-9. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780443187469000029>.
- TUCTO, M.A.B., ZAMBRANO, P.V.M., BARBA, R.A.A. y VINUEZA, X.R.C., 2022. Evaluación de la contaminación por metales pesados del río Cuchipamba, Morona Santiago. *Polo del Conocimiento*, vol. 7, no. 7, ISSN 2550-682X.
- UGBOGU, E.A., OKORO, H., EMMANUEL, O., UGBOGU, O.C., EKWEOGU, C.N., UCHE, M., DIKE, E.D. y IJIOMA, S.N., 2024. Phytochemical characterization, anti-diarrhoeal, analgesic, anti-inflammatory activities and toxicity profile of

- Ananas comosus (L.) Merr (pineapple) leaf in albino rats. *Journal of Ethnopharmacology*, vol. 319, ISSN 0378-8741. DOI 10.1016/j.jep.2023.117224.
- UĞUR, M., ŞİMŞEK, B., UYGUNOĞLU, T. y MUHTAR KOCAKERİM, M., 2023. Comparison of effectiveness of blending and impregnation applications of dispersed nanoparticles on performance of cementitious composites. *Construction and Building Materials*, vol. 392, ISSN 0950-0618. DOI 10.1016/j.conbuildmat.2023.132009.
- VITORÍO SILVA, C.V., SILVA, C.E., RIBEIRO ALMEIDA, J. y OLIVEIRA DE CARVAL, L., 2018. LEVANTAMIENTO DE METALES PESADOS EN EL AGUA SUBTERRÁNEA DE LA SUBCUENCA DEL RÍO ESTRELA, SARACURUNA, RÍO DE JANEIRO. *Open Science Research [en línea]*, [consulta: 22 septiembre 2023]. Disponible en: <https://downloads.editoracientifica.com.br/articles/211207041.pdf>.
- WAGH, M.S., OSBORNE, W.J. y SIVARAJAN, S., 2023. Toxicity assessment of lead, nickel and cadmium on zebra fish augmented with *Bacillus xiamenensis* VITMSJ3: An insight on the defense mechanism against oxidative stress due to heavy metals. *Food and Chemical Toxicology*, vol. 177, ISSN 0278-6915. DOI 10.1016/j.fct.2023.113830.
- WAN, Y., DEVEREUX, R., GEORGE, S.E., CHEN, J., GAO, B., NOERPEL, M. y SCHECKEL, K., 2022. Interactive effects of biochar amendment and lead toxicity on soil microbial community. *Journal of Hazardous Materials*, vol. 425, ISSN 0304-3894. DOI 10.1016/j.jhazmat.2021.127921.
- WU, Y. y LIN, Y.-H., 2022. Fermentation redox potential control on the 1,3-propanediol production by *Lactobacillus panis* PM1. *Process Biochemistry*, vol. 114, ISSN 1359-5113. DOI 10.1016/j.procbio.2022.01.020.
- XU, J., GAO, C. y WANG, Y., 2020. Extraction of Spatial and Temporal Patterns of Concentrations of Chlorophyll-a and Total Suspended Matter in Poyang Lake Using GF-1 Satellite Data. *Remote Sensing*, vol. 12, no. 4, ISSN 2072-4292. DOI 10.3390/rs12040622.

- YAN, B., 2022. Chapter 12 - Rare earth metal-organic framework hybrid materials for luminescence responsive chemical sensing of temperature and pH value. En: B. YAN (ed.), Rare Earth Metal-Organic Framework Hybrid Materials for Luminescence Responsive Chemical Sensors [en línea]. S.I.: Woodhead Publishing, pp. 411-444. ISBN 978-0-323-91236-5. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780323912365000104>.
- YAN, Y., SARKAR, B., ZHOU, L., ZHANG, L., LI, Q., YANG, J. y BOLAN, N., 2020. Phosphorus-rich biochar produced through bean-worm skin waste pyrolysis enhances the adsorption of aqueous lead. *Environmental Pollution*, vol. 266, ISSN 0269-7491. DOI 10.1016/j.envpol.2020.115177.
- YI, H., NAKABAYASHI, K., YOON, S.-H. y MIYAWAKI, J., 2021. Pressurized physical activation: A simple production method for activated carbon with a highly developed pore structure. *Carbon*, vol. 183, ISSN 0008-6223. DOI 10.1016/j.carbon.2021.07.061.
- YUAN, C., PU, J., FU, D., MIN, Y., WANG, L. y LIU, J., 2022. UV-vis spectroscopic detection of formaldehyde and its analogs: A convenient and sensitive methodology. *Journal of Hazardous Materials*, vol. 438, ISSN 0304-3894. DOI 10.1016/j.jhazmat.2022.129457.
- ZENG, C., HU, H., FENG, X., WANG, K. y ZHANG, Q., 2020. Activating CaCO₃ to enhance lead removal from lead-zinc solution to serve as green technology for the purification of mine tailings. *Chemosphere*, vol. 249, ISSN 0045-6535. DOI 10.1016/j.chemosphere.2020.126227.
- ZHANG, Y., YANG, Q., YUE, L., LIU, Q., LUO, Y., WU, J., KANG, X., SUN, S., YANG, Y. y SUN, X., 2023. Biomass juncus derived carbon modified with Fe₃O₄ nanoparticles toward activating peroxymonosulfate for efficient degradation of tetracycline. *Journal of Water Process Engineering*, vol. 51, ISSN 2214-7144. DOI 10.1016/j.jwpe.2022.103324.
- ZHANG, Z., WANG, T., ZHANG, H., LIU, Y. y XING, B., 2021. Adsorption of Pb(II) and Cd(II) by magnetic activated carbon and its mechanism. *Science of The Total Environment*, vol. 757, ISSN 0048-9697. DOI 10.1016/j.scitotenv.2020.143910.

ANEXOS


Anexo 1. Tabla de operacionalización de variables

Variable		Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Medición
Independiente	Carbón activado de cáscara de <i>Ananas comosus</i> impregnadas con nanopartículas de Fe.	El material poroso conocido como carbón activado de piña (<i>Ananas comosus</i>) se produce a partir de los desechos de la planta. Este proceso implica la pirolisis, que es una forma de activación física, y permite que el material adsorba metales pesados y para mejorar la eficacia del adsorbente, se añaden nanopartículas de maghemita. (Astuti et al., 2019).	La variable se estableció por medio de la caracterización del biocarbón de cáscara de <i>Ananas comosus</i> y las condiciones del adsorbente con maghemita para la reducción de Pb (II) en las aguas del río Chillón	Caracterización del biocarbón de cáscara de <i>Ananas comosus</i> más maghemita, para la remoción del Pb (II).	Humedad	%
				Materia volátil	%	
				Ceniza	%	
				Carbono fijo	%	
				Tamaños de partículas	mm	
				Capacidad de adsorción	mg/g	
				Tramitancia	%	
				Absorbancia	$-\log(\%T/100)$	
				Constante	K	
				Concentración	mg/L	
Cinética de adsorción	mg/L					
Dosis del nanocompuesto	g					
Tiempo de contacto	minutos					
				Condiciones operacionales del biocarbón impregnados con maghemita, para la reducción de Pb (II), en el agua del río Chillón.		

Dependiente	Pb (II) en las aguas del río Chillón	Es un proceso que disminuye la cantidad de iones de Pb en aguas contaminadas, en la que se utiliza un agente adsorbente que puede ser eliminado del agua de manera sencilla a través de filtración o sedimentación, sin producir más residuos tóxicos. (Berrocal 2019).	La variable se estableció por medio de la caracterización de las aguas del río Chillón y la dosis eficiente de biocarbón con maghemita para la remoción del Pb (II).	Características físicas, químicas, biológicas, gravimétricas y de concentración de Pb (II) en el río Chillón	Temperatura	°C
					Potencial de hidrogeno	Acido/base
					Conductividad eléctrica	uS/cm
					Potencial redox	mV
					Turbidez	NTU
					Oxígeno disuelto	mg/L
					Demanda química de oxígeno	mg/L
					Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L
					Solidos totales, solidos disueltos	mg/L
					Concentración de plomo antes y después	mg/L
				Dosis eficiente en la remoción del Pb (II), con biocarbón de <i>Ananas comosus</i> más maghemita en el proceso del tratamiento del	Pesos de biocarbón más maghemita	g
					Repeticiones	cantidad
					Volumen de muestra	mL
					Concentración de plomo en el adsorbente	mg/L

				contaminante Pb (II).	Concentración de plomo en el adsorbato.	mg/L
--	--	--	--	--------------------------	---	------

Anexo 2. Instrumentos de recolección de datos

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		Ficha 1: Recolección de muestra de agua			
Título de la tesis	Carbón activado de cáscara de <i>Ananas comosus</i> impregnadas con nanopartículas de Fe para la remoción de Pb en las aguas del río Chillón, Puente Piedra – 2024				
Línea de investigación	Tratamiento y Gestión de los Residuos				
Escuela	Ingeniería ambiental				
Autor	Chafloque Bernal, Julio Eduardo y Trujillo Rosario, Ronald Constantino				
Asesor	Bañon Arias, Jonnatan Victor				
Fecha		Hora:			
Muestras	Ubicación	Parámetros iniciales			
		pH	Temperatura (°C)	Volumen de la muestra (L)	Conductividad eléctrica (μS/cm)
Muestra de agua					
Georreferenciación					
Protocolo de toma de muestra					
Caudal (l/s)					
Concentración de plomo (mg/L)					



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Ficha 2: Características del biocarbón de *Ananas comosus* y su impregnación con maghemita para la remoción de plomo (II) de las aguas del río Chillón.

Título de la tesis	Carbón activado de cáscara de <i>Ananas comosus</i> impregnadas con nanopartículas de Fe para la remoción de Pb en las aguas del río Chillón, Puente Piedra – 2024	
Línea de investigación	Tratamiento y Gestión de los Residuos	
Escuela	Ingeniería ambiental	
Autor	Chafloque Bernal, Julio Eduardo y Trujillo Rosario, Ronald Constantino	
Asesor	Bañon Arias, Jonnatan Victor	
Fecha		Hora:
Características del biocarbón de <i>Ananas comosus</i> más maghemita	Humedad (%)	
	Materia volátil (%)	
	Ceniza (%)	
	Carbono Fijo (%)	
	Tamaño de partícula (mm)	



Título de la tesis	Carbón activado de cáscara de <i>Ananas comosus</i> impregnadas con nanopartículas de Fe para la remoción de Pb en las aguas del río Chillón, Puente Piedra – 2023		
Línea de investigación	Tratamiento y Gestión de los Residuos		
Escuela	Ingeniería ambiental		
Autor	Chafloque Bernal, Julio Eduardo y Trujillo Rosario, Ronald Constantino		
Asesor	Bañon Arias, Jonnatan Víctor		
Fecha		Hora:	
Parámetros	Resultados		Unidades
Capacidad de adsorción			mg/g
Tramitancia			%
Absorbancia			$-\log(\%T/100)$
Constante			K
Concentración			mg/L
Cinética de adsorción			mg/L
Dosis del nanocompuesto			g
Tiempo de contacto			min.

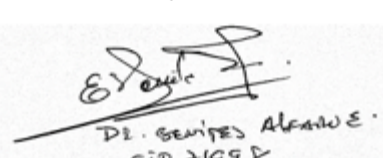


Título de la tesis	Carbón activado de cáscara de <i>Ananas comosus</i> impregnadas con nanopartículas de Fe para la remoción de Pb en las aguas del río Chillón, Puente Piedra – 2023		
Línea de investigación	Tratamiento y Gestión de los Residuos		
Escuela	Ingeniería ambiental		
Autor	Chafloque Bernal, Julio Eduardo y Trujillo Rosario, Ronald Constantino		
Asesor	Bañon Arias, Jonnatan Victor		
Fecha		Hora:	
Características del agua del río Chillón		Antes del tratamiento	Después del tratamiento
	Temperatura (°C)		
	Potencial de hidrogeno (pH)		
	Conductividad eléctrica (µS/cm)		
	Potencial redox (mV)		
	Turbidez (UNT)		
	Oxígeno disuelto (mg/L)		
	Demanda química de oxígeno (mg/L)		
	Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L)		
	Sólidos totales (mg/L)		
	Sólidos disueltos totales (mg/L)		
	Sólidos suspendidos (mg/L)		
	Concentración de Pb (II) en el agua (µg/L)		



Título de la tesis	Carbón activado de cáscara de <i>Ananas comosus</i> impregnadas con nanopartículas de Fe para la remoción de Pb en las aguas del río Chillón, Puente Piedra – 2023		
Línea de investigación	Tratamiento y Gestión de los Residuos		
Escuela	Ingeniería ambiental		
Autor	Chafloque Bernal, Julio Eduardo y Trujillo Rosario, Ronald Constantino		
Asesor	Bañon Arias, Jonnatan Victor		
Fecha		Hora:	
Parámetros	Resultados		Unidades
Pesos de biocarbón más maghemita			g
Repeticiones			cantidad
Volumen de muestra			mL
Concentración de plomo en el adsorbente			mg/L
Concentración de plomo en el adsorbato.			mg/L

Anexo 3. Fichas de validación de instrumentos para la recolección de datos

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO														
I. DATOS GENERALES														
1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Benites Alfaro Elmer Gonzales														
1.2. Cargo e institución donde labora: Docente e Investigador de la Universidad César Vallejo														
1.3. Especialidad o línea de investigación: Especialista Químico y Ambiental														
1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Recolección de muestra de agua														
1.5 Autores de Instrumento: Chafloque Bernal Julio Eduardo y Trujillo Rosario Ronald Constantino														
II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN														
CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		
III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD														
<ul style="list-style-type: none"> - El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación - El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación 														
<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td style="width: 50px; height: 20px; text-align: center;">Si</td> </tr> <tr> <td style="width: 50px; height: 20px;"></td> </tr> </table>													Si	
Si														
IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:														
<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td style="width: 50px; height: 20px; text-align: center;">90%</td> </tr> </table>													90%	
90%														
Lima, 27 de noviembre del 2023.														
 <p style="text-align: center;">DR. BENITES ALFARO E. C.I.R. 71998</p>														

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Benites Alfaro Elmer Gonzales
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente e Investigador de la Universidad César Vallejo
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Especialista Químico y Ambiental
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Características del biocarbón de *Ananas comosus* y su impregnación con maghemita para la remoción de plomo (II) de las aguas del Río Chillón
- 1.5. Autores de Instrumento: Chafloque Bernal Julio Eduardo y Trujillo Rosario Ronald Constantino

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

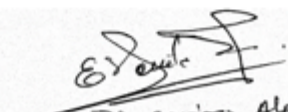
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si
No

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%

Lima, 27 de noviembre del 2023.


 DR. BENITES ALFARO E.
 CIP 71998

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Benites Alfaro Elmer Gonzales
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente e Investigador de la Universidad César Vallejo
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Especialista Químico y Ambiental
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Condiciones operacionales del biocarbón más maghemita para la reducción de Pb (II) en las aguas del río Chillón
- 1.5. Autores de Instrumento: Chafloque Bernal Julio Eduardo y Trujillo Rosario Ronald Constantino

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

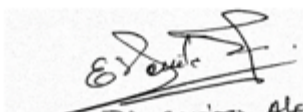
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 27 de noviembre del 2023.


 DR. BENITES ALFARO E.
 CIP 7199 J

VALIDACION DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Benites Alfaro Elmer Gonzales
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente e Investigador de la Universidad César Vallejo
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Especialista Químico y Ambiental
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Características físicas, químicas, biológicas, gravimétricas y de concentración de Pb (II) en el agua del Rio Chillón
- 1.5. Autores de Instrumento: Chafloque Bernal Julio Eduardo y Trujillo Rosario Ronald Constantino

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD


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

Si
No

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 27 de noviembre del 2023.


 Dr. BENITES ALFARO E.
 CIP 71998

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Benites Alfaro Elmer Gonzales
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente e Investigador de la Universidad César Vallejo
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Especialista Químico y Ambiental
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Dosis eficiente del biocarbón de *Ananas comosus* impregnadas con maghemita para remover el contaminante Pb (II) presente en el agua del Río Chillón
- 1.5. Autores de Instrumento: Chafloque Bernal Julio Eduardo y Trujillo Rosario Ronald Constantino

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

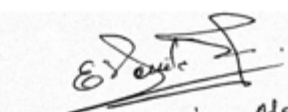
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Sí

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%

Lima, 27 de noviembre del 2023


 DR. BENITES ALFARO E.
 CIP 71998

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Ordoñez Galvez Juan Julio
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad César Vallejo
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Hidrología Ambiental
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Recolección de muestra de agua
 1.5 Autores de Instrumento: Chafloque Bernal Julio Eduardo y Trujillo Rosario Ronald Constantino

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD


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

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85%

Lima, 21 de noviembre del 2023.


 Dr. Juan Julio Ordoñez Galvez
 CIP: 89772

VALIDACION DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Ordoñez Galvez Juan Julio
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad César Vallejo
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Hidrología Ambiental
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Características del biocarbón de *Ananas comosus* y su impregnación con maghemita para la remoción de plomo (II) de las aguas del Río Chillón
- 1.5. Autores de Instrumento: Chafloque Bernal Julio Eduardo y Trujillo Rosario Ronald Constantino

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

85%

Lima, 21 de noviembre del 2023.


 Dr. Juan Julio Ordoñez Gálvez
 CIP: 89772

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Ordoñez Galvez Juan Julio
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad César Vallejo
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Hidrología Ambiental
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Condiciones operacionales del biocarbón más maghemita para la reducción de Pb (II) en las aguas del río Chillón
- 1.5. Autores de Instrumento: Chafloque Bernal Julio Eduardo y Trujillo Rosario Ronald Constantino

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD


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

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85%

Lima, 21 de noviembre del 2023.


 Dr. Juan Julio Ordoñez Gálvez
 CIP: 89772

VALIDACION DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Ordoñez Galvez Juan Julio
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad César Vallejo
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Hidrología Ambiental
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Características físicas, químicas, biológicas, gravimétricas y de concentración de Pb (II) en el agua del Rio Chillón
 1.5. Autores de Instrumento: Chafloque Bernal Julio Eduardo y Trujillo Rosario Ronald Constantino

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85%

Lima, 21 de noviembre del 2023.


 Dr. Juan Julio Ordoñez Gálvez
 CIP: 89772

VALIDACION DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Ordoñez Galvez Juan Julio
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad César Vallejo
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Hidrología Ambiental
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Dosis eficiente del biocarbón de *Ananas comosus* impregnadas con maghemita para remover el contaminante Pb (II) presente en el agua del Río Chillón
- 1.5. Autores de Instrumento: Chafloque Bernal Julio Eduardo y Trujillo Rosario Ronald Constantino

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

85%

Lima, 21 de noviembre del 2023.


 Dr. Juan Julio Ordoñez Gálvez
 CIP: 89772

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Apolaya Luis Fernando
 1.2. Cargo e institución donde labora: Analista Ambiental – Universidad Nacional de Ingeniería-FIGMIM
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Minería y Medio Ambiente
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Recolección de muestra de agua
 1.5. Autores de Instrumento: Chafloque Bernal Julio Eduardo y Trujillo Rosario Ronald Constantino

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

Sí
No

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95%

Lima, 22 de noviembre del 2023.


 LUIS FERNANDO
 MENDOZA APOLAYA
 INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 213529

VALIDACION DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Apolaya Luis Fernando
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Analista Ambiental – Universidad Nacional de Ingeniería-FIGMM
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Minería y Medio Ambiente
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Características del biocarbón de *Ananas comosus* y su impregnación con maghemita para la remoción de plomo (II) de las aguas del Río Chillón
- 1.5. Autores de Instrumento: Chafloque Bernal Julio Eduardo y Trujillo Rosario Ronald Constantino

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

Si

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

95%

Lima, 22 de noviembre del 2023.


 LUIS FERNANDO
 MENDOZA APOLAYA
 INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 213529

VALIDACION DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Apolaya Luis Fernando
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Analista Ambiental – Universidad Nacional de Ingeniería-FIGMM
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Minería y Medio Ambiente
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Condiciones operacionales del biocarbón más maghemita para la reducción de Pb (II) en las aguas del río Chillón
- 1.5. Autores de Instrumento: Chafloque Bernal Julio Eduardo y Trujillo Rosario Ronald Constantino

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

Si

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95%

Lima, 22 de noviembre del 2023.


 LUIS FERNANDO
 MENDOZA APOLAYA
 INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 213529

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Apolaya Luis Fernando
 1.2. Cargo e institución donde labora: Analista Ambiental – Universidad Nacional de Ingeniería-FIGMM
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Minería y Medio Ambiente
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Características físicas, químicas, biológicas, gravimétricas y de concentración de Pb (II) en el agua del Río Chillón
 1.5. Autores de Instrumento: Chafloque Bernal Julio Eduardo y Trujillo Rosario Ronald Constantino

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

Si

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95%

Lima, 22 de noviembre del 2023.


 LUIS FERNANDO
 MENDOZA APOLAYA
 INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 213529

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Apolaya Luis Fernando
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Analista Ambiental – Universidad Nacional de Ingeniería-FIGMM
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Minería y Medio Ambiente
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Dosis eficiente del biocarbón de *Ananas comosus* impregnadas con maghemita para remover el contaminante Pb (II) presente en el agua del Rio Chillón
- 1.5. Autores de Instrumento: Chafloque Bernal Julio Eduardo y Trujillo Rosario Ronald Constantino

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

Sí

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

95%

Lima, 22 de noviembre del 2023.


 LUIS FERNANDO
 MENDOZA APOLAYA
 INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 213529

Anexo 4. Resultados del análisis de consistencia interna



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica
Laboratorio de Espectrometría

SOLICITADO POR : CHAFLOQUE BERNAL, JULIO EDUARDO

Procedencia de muestra: Río Chillón – Puente Piedra - Lima

Recepción de muestra : Lima, 14 de Mayo 2024

Análisis de agua inicial del Río Chillón

Muestra	Temperatura (°C)	Potencial de hidrogeno (acido/base)	Conductividad eléctrica (uS/cm)	Potencial redox (mV)
CARCH - PFQ	21.7	6.37	1878	245.8

CARCH – PFQ: Caracterización del agua del Río Chillón – Parámetros fisicoquímico.

Muestra	Sólidos Totales (mg/l)	Sólidos Disueltos (mg/l)	Sólidos Suspendidos Totales (mg/l)
CI_ARCH	21024	11928	4421

CI-ARCH: Caracterización inicial – del agua del Río Chillón.

Muestra	Oxígeno Disuelto (mg/l)	Demanda química de oxígeno(mg/l)	Demanda Bioquímica del oxígeno (mg/l)	Turbidez (NTU)
CI_ARCH	2.21	1466.67	809	225.4

Muestra	Volumen de muestra (ml)	Concentración para AA (mg/l)	Medio acido (ml)	Plomo (II) (mg/l Pb)
CI - CARCH	100	100/10	HCl	0.808

Métodos potenciométricos, Método gravimétrico, Método de reflujo – dicromato de potasio, Método EPA 3050.

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú
Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
e-mail: labespectro@uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica
Laboratorio de Espectrometría

N° Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	Parcial retenido (%)	Acumulado (%) Retenido	Acumulado (%) Pasa
N°10	2.00	0	0	0	100
N°18	1.00	47.780	31.853	31.853	68.147
N°20	0.850	8.437	5.625	37.478	62.522
N°40	0.425	38.120	25.413	62.891	37.109
N°50	0.300	20.468	13.645	76.536	23.464
N°100	0.150	21.981	14.654	91.190	8.810
N°-100	0.150	13.214	8.809	100.00	0.00

Método: Norma ASTM D- 422

Muestra	Humedad (%)	Materia volátil (%)	Ceniza (%)	Carbono fijo (%)
PF- B + M	17.60	19.61	33.36	47.03

Método: Normas ASTM

Peso de B+M (g)	Conc. del adsorbato (ppm)	Contaminante adsorbido por B+M ($X=C_0 - C_e$)	Cantidad adsorbida ($q=X/m$)	EJE X (Concentración de equilibrio)	EJE Y (C/q) (Concentración/Cantidad adsorbida)
0.0013	2.94	1.06	0.815	2.94	3.61
0.0102	2.49	1.51	0.148	2.49	16.82
0.1317	1.58	2.42	0.018	1.58	85.99
0.5025	0.99	3.01	0.006	0.99	165.27
0.8060	0.75	3.25	0.004	0.75	186.00
1.0023	0.64	3.36	0.003	0.64	190.91

Método Isoterma de Langmuir

Lima, 22 de Mayo del 2024


MSc. Atilio Mendoza Apolaya
Jefe Lab. Espectrometría



Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú
Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
e-mail: labespectro@uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica
Laboratorio de Espectrometría

SOLICITADO POR : TRUJILLO ROSARIO, RONALD CONSTANTINO

Procedencia de muestra: Rio Chillón – Puente Piedra - Lima

Recepción de muestra : Lima, 27 de Mayo 2024

Análisis de agua – Tratada

Muestras	Temperatura (°C)	Potencial hidrogeno (acido/base)	Conductividad eléctrica (uS/cm)	Potencial redox (mV)	Turbidez (NTU)
B+M (34 -15)	18.5	7.81	1845	256	215
B+M (34 -30)	18.5	7.86	1808	245	202
B+M (34 -45)	18.5	7.74	1715	231	185
B+M (34 -60)	18.5	7.65	1526	215	145
B+M (34 -75)	18.5	7.56	1518	205	132
B+M (34 -90)	18.5	7.44	1402	198	95
B+M (34 -105)	18.5	7.36	1331	196	86
B+M (34 -120)	18.5	7.23	1134	191	81
B+M (34 -135)	18.5	7.18	965	185	76

Muestras	Temperatura (°C)	Potencial hidrogeno (acido/base)	Conductividad eléctrica (uS/cm)	Potencial redox (mV)	Turbidez (NTU)
B+M (66 -15)	18.6	7.85	1848	238	222
B+M (66 -30)	18.6	7.88	1823	232	204
B+M (66 -45)	18.6	7.76	1738	228	187
B+M (66 -60)	18.6	7.69	1547	220	148
B+M (66 -75)	18.6	7.58	1531	213	136
B+M (66 -90)	18.6	7.47	1427	201	110
B+M (66 -105)	18.6	7.39	1365	198	98
B+M (66 -120)	18.6	7.28	1142	197	92
B+M (66 -135)	18.6	7.24	1045	189	88

Método Potenciometría, Método Turbidímetro

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú.

Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245

e-mail: labespectro@uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica
Laboratorio de Espectrometría

Muestras	Temperatura (°C)	Potencial hidrogeno (acido/base)	Conductividad eléctrica (uS/cm)	Potencial redox (mV)	Turbidez (NTU)
B+M (100 -15)	18.7	7.87	1865	242	224
B+M (100 -30)	18.7	7.89	1852	239	210
B+M (100 -45)	18.7	7.79	1822	231	192
B+M (100 -60)	18.7	7.71	1786	224	181
B+M (100 -75)	18.7	7.61	1723	218	152
B+M (100 -90)	18.7	7.52	1585	209	144
B+M (10 -105)	18.7	7.46	1475	201	125
B+M (100-120)	18.7	7.38	1412	198	112
B+M (100-135)	18.7	7.31	1245	192	99

Muestra de 34 g (B + M)	Sólidos Totales (mg/l)	Muestras de 66 g (B + M)	Sólidos Totales (mg/l)
B+M (34 -15)	20605	B+M (66 -15)	20782
B+M (34 -30)	18776	B+M (66 -30)	18731
B+M (34 -45)	16378	B+M (66 -45)	16964
B+M (34 -60)	10825	B+M (66 -60)	14162
B+M (34 -75)	7786	B+M (66 -75)	10919
B+M (34 -90)	5906	B+M (66 -90)	9928
B+M (34 -105)	3702	B+M (66 -105)	7831
B+M (34 -120)	2109	B+M (66 -120)	5288
B+M (34 -135)	1199	B+M (66 -135)	1909

Muestra de 100 g (B + M)	Sólidos Totales (mg/l)	Muestras de 34 g (B + M)	Sólidos disueltos (mg/l)
B+M (100 -15)	20897	B+M (34 -15)	10371
B+M (100 -30)	19605	B+M (34 -30)	8375
B+M (100 -45)	18075	B+M (34 -45)	6502
B+M (100 -60)	16105	B+M (34 -60)	4841
B+M (100 -75)	14102	B+M (34 -75)	3594
B+M (100 -90)	12507	B+M (34 -90)	1906
B+M (10 -105)	10681	B+M (34 -105)	1210
B+M (100-120)	6181	B+M (34 -120)	941
B+M (100-135)	2459	B+M (34 -135)	706

Método Potenciométrico, Método Gravimétrico.

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú
Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
e-mail: labespectro@uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica
Laboratorio de Espectrometría

Muestra de 66 g (B + M)	Sólidos disueltos (mg/l)	Muestras de 100 g (B + M)	Sólidos disueltos (mg/l)
B+M (66 -15)	10971	B+M (100 -15)	11031
B+M (66 -30)	9898	B+M (100 -30)	10514
B+M (66 -45)	7810	B+M (100 -45)	8842
B+M (66 -60)	5008	B+M (100 -60)	8016
B+M (66 -75)	4813	B+M (100 -75)	7516
B+M (66 -90)	3644	B+M (100 -90)	5884
B+M (66 -105)	2014	B+M (100 -105)	3937
B+M (66 -120)	1861	B+M (100 -120)	2259
B+M (66 -135)	1302	B+M (100 -135)	1520

Muestra de 34 g (B + M)	Sólidos suspensionados totales (mg/l)	Muestras de 66 g (B + M)	Sólidos Suspensionados totales (mg/l)
B+M (34 -15)	3191	B+M (66 -15)	3394
B+M (34 -30)	3002	B+M (66 -30)	3224
B+M (34 -45)	2633	B+M (66 -45)	2737
B+M (34 -60)	1832	B+M (66 -60)	2036
B+M (34 -75)	1322	B+M (66 -75)	1424
B+M (34 -90)	1133	B+M (66 -90)	1033
B+M (34 -105)	857	B+M (66 -105)	756
B+M (34 -120)	435	B+M (66 -120)	535
B+M (34 -135)	191	B+M (66 -135)	393

Muestra de 100 g (B + M)	Sólidos suspensionados totales (mg/l)	Muestras de 34 g (B + M)	Oxígeno Disuelto (mg/l)
B+M (100 -15)	3493	B+M (34 -15)	2.32
B+M (100 -30)	3335	B+M (34 -30)	2.58
B+M (100 -45)	3042	B+M (34 -45)	2.72
B+M (100 -60)	2142	B+M (34 -60)	3.34
B+M (100 -75)	1593	B+M (34 -75)	3.48
B+M (100 -90)	1164	B+M (34 -90)	3.72
B+M (100-105)	863	B+M (34 -105)	3.99
B+M (100-120)	638	B+M (34 -120)	4.27
B+M (100-135)	544	B+M (34 -135)	4.75

Método gravimétrico, Método Winkler.

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú
Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
e-mail: labespectro@uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica
Laboratorio de Espectrometría

Muestra de 66 g (B + M)	Oxígeno Disuelto (mg/l)	Muestras de 100 g (B + M)	Oxígeno Disuelto (mg/l)
B+M (66 -15)	2.23	B+M (100 -15)	2.17
B+M (66 -30)	2.44	B+M (100 -30)	2.23
B+M (66 -45)	2.66	B+M (100 -45)	2.46
B+M (66 -60)	2.94	B+M (100 -60)	2.54
B+M (66 -75)	3.08	B+M (100 -75)	2.68
B+M (66 -90)	3.32	B+M (100 -90)	2.78
B+M (66 -105)	3.18	B+M (100-105)	2.94
B+M (66 -120)	3.34	B+M (100-120)	3.06
B+M (66 -135)	3.52	B+M (100-135)	3.18

Muestra de 34 g (B + M)	Demanda química de oxígeno (mg/l)	Muestras de 66 g (B + M)	Demanda química de oxígeno (mg/l)
B+M (34 -15)	1386.7	B+M (66 -15)	1400.0
B+M (34 -30)	1346.7	B+M (66 -30)	1386.7
B+M (34 -45)	1326.7	B+M (66 -45)	1346.7
B+M (34 -60)	1306.7	B+M (66 -60)	1326.7
B+M (34 -75)	1286.7	B+M (66 -75)	1306.7
B+M (34 -90)	1233.3	B+M (66 -90)	1260.0
B+M (34 -105)	1193.3	B+M (66 -105)	1213.3
B+M (34 -120)	1140.0	B+M (66 -120)	1166.7
B+M (34 -135)	1080.0	B+M (66 -135)	1126.7

Muestra de 100 g (B + M)	Demanda química de oxígeno (mg/l)	Muestras de 34 g (B + M)	Demanda bioquímica de oxígeno (mg/l)
B+M (100 -15)	1433.3	B+M (34 -15)	760
B+M (100 -30)	1400.0	B+M (34 -30)	722
B+M (100 -45)	1393.3	B+M (34 -45)	664
B+M (100 -60)	1366.7	B+M (34 -60)	647
B+M (100 -75)	1346.7	B+M (34 -75)	626
B+M (100 -90)	1320.0	B+M (34 -90)	618
B+M (100-105)	1293.3	B+M (34 -105)	602
B+M (100-120)	1260.0	B+M (34 -120)	595
B+M (100-135)	1180.0	B+M (34 -135)	577

Método Winkler, Método de reflujó -Dicromato de potasio

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú
Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
e-mail: labespectro@uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica
Laboratorio de Espectrometría

Muestra de 66 g (B + M)	Demanda bioquímica de oxígeno (mg/l)	Muestras de 100 g (B + M)	Demanda bioquímica de oxígeno (mg/l)
B+M (66 -15)	801	B+M (100 -15)	804
B+M (66 -30)	775	B+M (100 -30)	778
B+M (66 -45)	734	B+M (100 -45)	738
B+M (66 -60)	646	B+M (100 -60)	657
B+M (66 -75)	632	B+M (100 -75)	645
B+M (66 -90)	629	B+M (100 -90)	636
B+M (66 -105)	622	B+M (100-105)	631
B+M (66 -120)	609	B+M (100-120)	628
B+M (66 -135)	606	B+M (100-135)	612

Muestra	Pb (II) en el agua (mg/l)	Pb (II) en el biocarbón + maghemita (mg/l)
B+M (34 -15)	0.718	0.09
B+M (34 -30)	0.528	0.28
B+M (34 -45)	0.301	0.51
B+M (34 -60)	0.101	0.71
B+M (34 -75)	0.095	0.71
B+M (34 -90)	0.085	0.72
B+M (34 -105)	0.078	0.73
B+M (34 -120)	0.069	0.74
B+M (34 -135)	0.051	0.76

Muestra	Pb (II) en el agua (mg/l)	Pb (II) en el biocarbón + maghemita (mg/l)
B+M (66 -15)	0.746	0.06
B+M (66 -30)	0.532	0.28
B+M (66 -45)	0.318	0.49
B+M (66 -60)	0.134	0.67
B+M (66 -75)	0.186	0.62
B+M (66 -90)	0.198	0.61
B+M (66 -105)	0.098	0.71
B+M (66 -120)	0.088	0.72
B+M (66 -135)	0.071	0.74

Método refuljo -Dicromato de potássio, Método Absorción Atómica (EPA 3050)

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú
Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
e-mail: labespectro@uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica
Laboratorio de Espectrometría

Muestra	Pb (II) en el agua (mg/l)	Pb (II) en el biocarbón + maghemita (mg/l)
B+M (100 -15)	0.765	0.04
B+M (100 -30)	0.535	0.27
B+M (100 -45)	0.334	0.47
B+M (100 -60)	0.195	0.61
B+M (100 -75)	0.184	0.62
B+M (100 -90)	0.099	0.71
B+M (100-105)	0.093	0.72
B+M (100-120)	0.081	0.73
B+M (100-135)	0.079	0.73

Método Absorción Atómica (EPA 3050)

Lima, 16 de Junio del 2024


MSc. Atilio Mendoza Apolaya
Jefe Lab. Espectrometría



Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú
Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
e-mail: labespectro@uni.edu.pe

Anexo 6. Otras evidencias



Armado del desecador casero



Limpieza de las cáscaras de *Ananas comosus*



Secado del *Ananas comosus* a temperatura ambiente en el desecador casero



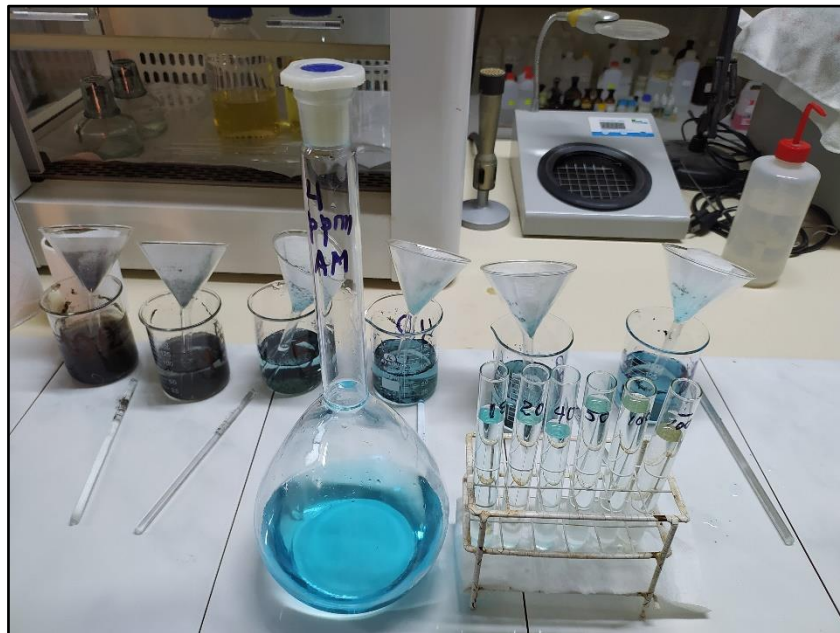
Retiro de las cáscaras de *Ananas comosus* secas



Obtención de carbón a base de cáscaras de *Ananas comosus*



Molienda y tamizado del carbón de cáscaras de *Ananas comosus*



Análisis granulométrico del carbón activado



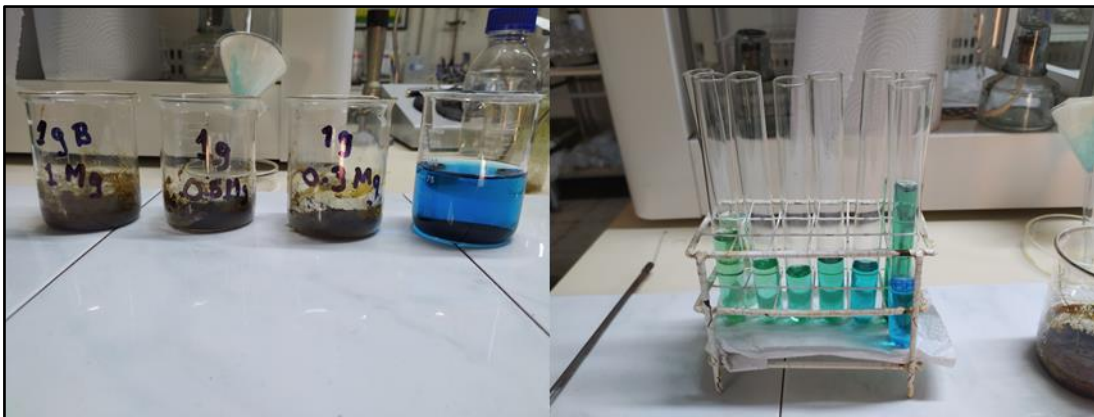
Obtención del carbón activado



Obtención de magnetita (Fe_3O_4)



Obtención de carbón activado más maghemita



Prueba de azul de metileno para el adsorbente



Prueba Langmuir y Freundlich para el adsorbente



Tratamiento de las muestras de agua con carbón activado más maghemita