

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

“Comparación de la eficiencia del carbón activado de semillas de poroga (*Passiflora tripartita*) activado químicamente con diferentes agentes en parámetros fisicoquímicos del agua del Río Aco, Huánuco - 2025”

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA
AMBIENTAL**

AUTORA: Claudio Hermosilla, Yetwanin Yenina

ASESOR: Gamez Penadillo, Joel

HUÁNUCO – PERÚ

2026

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis (X)
- Trabajo de Suficiencia Profesional ()
- Trabajo de Investigación ()
- Trabajo Académico ()

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Contaminación y tratamientos de aguas

AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería ambiental

Disciplina: Ingeniería ambiental

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título Profesional de Ingeniera ambiental

Código del Programa: P09

Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 75702143

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 23018222

Grado/Título: Maestro en ciencias económicas, mención: proyectos de inversión

Código ORCID: 0000-0003-4228-565X

DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Cámara Llanos, Frank Erick	Maestro en ciencias de la salud con mención en: salud pública y docencia universitaria	44287920	0000-0001-9180-7405
2	Arteaga Vega, Adderlin	Doctor en gestión empresarial	46018561	0000-0003-2701-0594
3	Chahua Garcia, Niler Rosario	Maestro en educación, mención: investigación y docencia superior	46905368	0000-0003-3517-5751



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO(A) AMBIENTAL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 17:00 horas del día 26 del mes de junio del año 2026, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron el sustentante y el **Jurado Calificador** integrado por los docentes:

- Dr. Frank Erick Camara Llanos (Presidente)
- Dr. Adderlin Arteaga Vega (Secretario)
- Mg. Niler Rosario Chahua Garcia (Vocal)

Nombrados mediante la **Resolución N° 1045-2026-D-FI-UDH** para evaluar la Tesis intitulada: **"COMPARACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL CARBÓN ACTIVADO DE SEMILLAS DE POROGSA (*Passiflora tripartita*) ACTIVADO QUÍMICAMENTE CON DIFERENTES AGENTES EN PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL AGUA DEL RÍO ACO, HUÁNUCO - 2025"**, presentado por el (la) Bach. **CLAUDIO HERMOSILLA, YETWANIN YENINA** para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Ambiental.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) APROBADA Por UNANIMIDAD con el calificativo cuantitativo de 11 y cualitativo de SUFICIENTE (Art. 47)

Siendo las 18:27 horas del día 26 del mes de JUNIO del año 2026, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

Dr. Frank Erick Camara Llanos
DNI: 44287920
ORCID: 0000-0001-9180-7405
Presidente

Dr. Adderlin Arteaga Vega
DNI: 46018561
ORCID: 0000-0003-2701-0594
Secretario

Mg. Niler Rosario Chahua Garcia
DNI: 46905368
ORCID: 0000-0003-3517-5751
Vocal



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: YETWANIN YENINA CLAUDIO HERMOSILLA, de la investigación titulada "COMPARACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL CARBÓN ACTIVADO DE SEMILLAS DE POROGSA (PASSIFLORA TRIPARTITA) ACTIVADO QUÍMICAMENTE CON DIFERENTES AGENTES EN PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL AGUA DEL RÍO ACO, HUÁNUCO - 2025", con asesor(a) JOEL GAMEZ PENADILLO, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 2001-2023-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA AMBIENTAL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 20 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 16 de diciembre de 2025



RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA
D.N.I.: 71345687
cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

98. Claudio Hermosilla, Yetwanin Yenina.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

20%

FUENTES DE INTERNET

10%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

3%

2

repositorio.udh.edu.pe

Fuente de Internet

2%

3

repositorio.unj.edu.pe

Fuente de Internet

1%

4

Submitted to Universidad Cientifica del Sur

Trabajo del estudiante

1%

5

repositorio.continental.edu.pe

Fuente de Internet

1%

6

Submitted to Universidad Cesar Vallejo

Trabajo del estudiante

1%



RICHARD J. SOLIS TOLEDO

D.N.I.: 47074047

cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA

D.N.I.: 71345687

cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

DEDICATORIA

Dedico esta tesis en primer lugar a Dios, por brindarme la fortaleza, la sabiduría y guiarme para alcanzar esta meta.

A mi prometido, por su gran amor, apoyo incondicional y por ser mi compañero en cada momento de este camino.

A mis padres y hermano por su apoyo, por sus oraciones, paciencia y por enseñarme el valor del esfuerzo.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento en primer lugar a Dios por darme la fortaleza para seguir adelante, ser mi guía en todo tiempo, y darme su bendición para poder alcanzar esta meta.

A mi amado prometido, mi compañero de vida, mi gran amor, gracias por tu apoyo, paciencia, preocupación y motivaciones constantes, gracias por creer en mí.

A mis padres y hermano les dedico mi gratitud, por brindarme su apoyo, por sus palabras de ánimos, consejos y comprensión.

A mis Pastores de la Iglesia por sus motivaciones y oraciones

A mi asesor de tesis y jurados, por su orientación, conocimientos y dedicación que hicieron posible la realización de este proyecto

Finalmente, agradezco a la Universidad de Huánuco, por brindarme la formación académica.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	IX
RESUMEN	XI
ABSTRACT	XI
CAPÍTULO I	15
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	15
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	15
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	18
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	18
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	18
1.3. OBJETIVOS.....	18
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	18
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	20
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	20
CAPÍTULO II	21
MARCO TEÓRICO	21
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	21
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	21
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES	25
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES	28
2.2. BASES TEÓRICAS	29
2.2.1. CARBÓN ACTIVADO.....	29
2.2.2. SEMILLA DE POROGSA.....	35
2.2.3. PROCESO DE ADSORCIÓN	37
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES	43
2.4. HIPÓTESIS.....	46

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	46
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.....	46
2.5. VARIABLES	47
2.5.1. VARIABLE CALIBRACIÓN	47
2.5.2. VARIABLE EVALUATIVA	47
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	48
CAPÍTULO III	50
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	50
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	50
3.1.1. ENFOQUE	50
3.1.2. ALCANCE O NIVEL.....	50
3.1.3. DISEÑO	51
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	53
3.2.1. POBLACIÓN	53
3.2.2. MUESTRA.....	53
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	54
3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	59
CAPÍTULO IV.....	62
RESULTADOS	62
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS.....	62
4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS	69
CAPÍTULO V.....	76
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	76
CONCLUSIONES	80
RECOMENDACIONES.....	82
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83
ANEXOS	96

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Operacionalización de variables	48
Tabla 2	Para recolección de datos	54
Tabla 3	Parámetros físicos con el carbón activado de semillas de porogsa (Passiflora tripartita) activado químicamente con diferentes agentes en el agua del río Aco, Huánuco 2025	62
Tabla 4	Parámetros químicos con el carbón activado de semillas de porogsa (Passiflora tripartita) activado químicamente con diferentes agentes en el agua del río Aco, Huánuco 2025	63
Tabla 5	Comparación de la eficiencia del carbón activado de semillas de porogsa (Passiflora tripartita) activado con cloruro de zinc en parámetros fisicoquímicos del agua del río Aco, Huánuco 2025	64
Tabla 6	Comparación de la eficiencia del carbón activado de semillas de porogsa (Passiflora tripartita) activado con ácido fosfórico en parámetros fisicoquímicos del agua del río Aco, Huánuco 2025	65
Tabla 7	Comparación de la eficiencia del carbón activado de semillas de porogsa (Passiflora tripartita) activado con hidróxido de sodio en parámetros fisicoquímicos del agua del río Aco, Huánuco 2025	66
Tabla 8	Capacidad de adsorción máxima de remoción de los diferentes tipos de carbón activado frente a los contaminantes del agua del río Aco, Huánuco	67
Tabla 9	Prueba de normalidad de la eficiencia del carbón activado de semillas de porogsa (Passiflora tripartita) en parámetros fisicoquímicos del agua del río Aco, Huánuco 2025	69
Tabla 10	Análisis de varianza (ANOVA) de la eficiencia del carbón activado de semillas de porogsa (Passiflora tripartita) en los parámetros fisicoquímicos del agua del río Aco, Huánuco, 2025.	70
Tabla 11	Comparación de medias de la turbidez entre tratamientos mediante la prueba de Tukey HSD.....	71
Tabla 12	Comparación de medias del pH entre tratamientos mediante la prueba de Tukey HSD	72
Tabla 13	Comparación de medias del oxígeno disuelto entre tratamientos mediante la prueba de Tukey HSD.....	73

Tabla 14 Comparación de medias del DBO entre tratamientos mediante la prueba de Tukey HSD	74
Tabla 15 Comparación de medias del DQO entre tratamientos mediante la prueba de Tukey HSD	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Métodos de calentamiento y clasificación de activadores para la preparación de paja AC	33
Figura 2	Semillas de porogsa	36
Figura 3	Proceso de obtención de las semillas de porogsa.....	39
Figura 4	Esquema de los grupos experimentales	52
Figura 5	Comparación de los parámetros físicos del agua con distintos tratamientos de carbón activado	62
Figura 6	Medias de parámetros químicos según método	63
Figura 7	Comparación de los parámetros fisicoquímicos del agua del río Aco tratados con carbón activado con Cloruro de Zinc.....	64
Figura 8	Comparación de los parámetros fisicoquímicos del agua del río Aco tratados con carbón activado con ácido fosfórico	65
Figura 9	Comparación de los parámetros fisicoquímicos del agua del río Aco tratados con carbón activado con Hidróxido de Sodio.....	66
Figura 10	Capacidad de adsorción máxima de remoción de los diferentes tipos de carbón activado frente a los contaminantes del agua del río Aco, Huánuco.....	68
Figura 11	Comparación de la turbidez entre tratamientos (Tukey HSD).....	71
Figura 12	Comparación de medias del pH entre tratamientos (Tukey HSD).....	72
Figura 13	Comparación de oxígeno disuelto entre tratamientos	73
Figura 14	Comparación de medias de DBO entre tratamientos	74
Figura 15	Comparación de medias de DQO entre tratamientos	75

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1 Extracción de la pulpa de la fruta Porogsa	125
Fotografía 2 Remojado de la pulpa que contiene las semillas de Porogsa	125
Fotografía 3 Lavado y separación de la pulpa para la obtención de las semillas de porogsa	126
Fotografía 4 Secado de las semillas de Porogsa a temperatura ambiente	126
Fotografía 5 Reactivos, agua destilada, papel aluminio y materia prima para la carbonización y activación en el Laboratorio de Investigación de la Universidad de Huánuco	127
Fotografía 6 Carbonización de las semillas de porogsa (peso inicial de 750 gr) en 2 tiempos de 1 hora a 200 °C	127
Fotografía 7 Visita Técnica del Mg. Frank Cámara Llanos y asesor de Tesis el Ing. Joel Gámez Penadillo en el Laboratorio de Investigación de la Universidad de Huánuco.....	128
Fotografía 8 Enfriamiento de las semillas de porogsa carbonizado a temperatura ambiente.....	128
Fotografía 9 Pesado de las semillas de porogsa carbonizada (520. 84 gr)	129
Fotografía 10 Preparación del agente activante Hidróxido de Sodio en solución (12 gr:100 ml de agua destilada).....	129
Fotografía 11 Activación del carbón de las semillas de porogsa con los agentes químicos (NaOH al 12%, H ₃ PO ₄ al 85%, ZnCl ₂ al 50%)	130
Fotografía 12 Colocación del papel aluminio y dejar reposar por 24 horas	131
Fotografía 13 Lavado del carbón activado con agua destilada.....	131
Fotografía 14 Secado final del carbón activado hora en horno eléctrico a 60°C en 2 tiempos, cada tiempo por 30 minutos	132
Fotografía 15 Obtención del carbón activado químicamente con (NaOH, H ₃ PO ₄ , ZnCl ₂)	132
Fotografía 16 Medición de pH del carbón activado de semillas de porogsa	133
Fotografía 17 Medición de la densidad del carbón activado de las semillas de porogsa	133

Fotografía 18 Preparación de la muestra madre en probeta de 100 ml, luego se vierte en 1 vaso precipitado de 500 ml y se añade agua destilada	134
Fotografía 19 Añadir 100 ml de azul de metileno desde la muestra madre en 4 vasos precipitados (muestra inicial, NaOH, H ₃ PO ₄ , ZnCl ₂), luego se añade carbón activado 0.1 gr	135
Fotografía 20 Se colocó los 4 vasos precipitado (muestra inicial, NaOH, H ₃ PO ₄ , ZnCl ₂) un por uno en el agitador magnético a 400 rpm por 1 hora	135
Fotografía 21 Lectura del azul de metileno en el espectrofotómetro	136
Fotografía 22 Materiales para la toma de muestra de agua superficial (Río)	136
Fotografía 23 Medición del parámetro in situ	137
Fotografía 24 Toma de muestras del agua superficial	137
Fotografía 25 Muestra de agua recolectada pre test y pos test y envió a la asistente del laboratorio de la UNHEVAL y documentos requeridos por el laboratorio	138
Fotografía 26 Análisis del agua con la intervención del carbón activado de las semillas de porogsa con (NaOH, H ₃ PO ₄ , ZnCl ₂) realizado por el laboratorio de la UNHEVAL	138

RESUMEN

La presente investigación se desarrolló con el **objetivo** de comparar la eficiencia del carbón activado de semillas de porogsa (*Passiflora tripartita*) activado químicamente con diferentes agentes en los parámetros fisicoquímicos del agua del río Aco, Huánuco. La **metodología** fue de nivel aplicativo con diseño experimental verdadero, utilizando 20 litros de agua superficial del río Aco. Se aplicaron tres tratamientos con carbón activado de semillas de porogsa, activado químicamente con ácido fosfórico, hidróxido de sodio y cloruro de zinc, cada uno evaluado por triplicado bajo condiciones controladas de activación. Se efectuaron pre test y post test para determinar los cambios en color, olor, turbidez, pH, oxígeno disuelto, DBO y DQO. Como **resultado**, los tres tipos de carbón activado presentaron mejoras significativas ($p < 0,05$) frente al agua sin tratamiento, según el análisis de varianza (ANOVA), evidenciándose además diferencias estadísticas relevantes entre los tratamientos. El carbón activado con ácido fosfórico (H_3PO_4) presentó la mayor eficiencia global, reduciendo la turbidez de 48,99 a 21,72 NTU y logrando las mayores remociones de demanda bioquímica de oxígeno (de 4,74 a 4,04 mg/L) y demanda química de oxígeno (de 20,27 a 17,30 mg/L); sin embargo, provocó una disminución crítica del oxígeno disuelto (0,06 mg/L), por debajo del límite del Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para aguas recreacionales. El cloruro de zinc ($ZnCl_2$) mostró un comportamiento intermedio en la mayoría de parámetros, con un oxígeno disuelto igualmente insuficiente (0,82 mg/L). Por su parte, el hidróxido de sodio (NaOH), aunque con menor eficiencia en la reducción de turbidez (46,93 NTU), fue el único tratamiento que conservó el oxígeno disuelto (6,77 mg/L) y el pH dentro de los límites establecidos por el ECA categoría B1. **Conclusión**, el carbón activado de semillas de porogsa resultó eficaz en la remoción de contaminantes del agua del río Aco: el ácido fosfórico destacó en la remoción de materia orgánica y turbidez, mientras que el hidróxido de sodio resultó el más viable ambientalmente al cumplir con la normativa vigente. Se confirma así su potencial como alternativa sostenible para mejorar la calidad del agua superficial con fines recreacionales.

Palabras claves: Agua superficial, Calidad del agua, Sostenibilidad, Contaminantes, parámetros fisicoquímicos, semillas vegetales.

ABSTRACT

This research was conducted with the objective of comparing the efficiency of activated carbon obtained from porogsa seeds (*Passiflora tripartita*), chemically activated with different agents, on the physicochemical parameters of water from the Aco River, Huánuco. The methodology corresponded to an applied level with a true experimental design, using 20 liters of surface water from the Aco River. Three treatments with activated carbon from porogsa seeds were applied, chemically activated with phosphoric acid, sodium hydroxide, and zinc chloride, each evaluated in triplicate under controlled activation conditions. Pre-tests and post-tests were carried out to determine changes in color, odor, turbidity, pH, dissolved oxygen, BOD, and COD. As a result, the three types of activated carbon showed significant improvements ($p < 0.05$) compared to untreated water, according to the analysis of variance (ANOVA), with relevant statistical differences observed among treatments. Activated carbon with phosphoric acid (H_3PO_4) showed the highest overall efficiency, reducing turbidity from 48.99 to 21.72 NTU and achieving the greatest removals of biochemical oxygen demand (from 4.74 to 4.04 mg/L) and chemical oxygen demand (from 20.27 to 17.30 mg/L); however, it caused a critical drop in dissolved oxygen (0.06 mg/L), below the limit set by the Environmental Quality Standards (EQS) for recreational waters. Zinc chloride ($ZnCl_2$) showed intermediate performance across most parameters, with dissolved oxygen likewise insufficient (0.82 mg/L). Sodium hydroxide (NaOH), despite lower efficiency in reducing turbidity (46.93 NTU), was the only treatment that preserved dissolved oxygen (6.77 mg/L) and pH within the limits established by the EQS category B1. In conclusion, activated carbon from porogsa seeds proved effective in removing contaminants from Aco River water: phosphoric acid stood out in removing organic matter and turbidity, while sodium hydroxide proved the most environmentally viable option by meeting current regulations. This confirms its potential as a sustainable alternative to improve the quality of surface water for recreational purposes.

Keywords: Surface water, Water quality, Sustainability, Pollutants, Physicochemical parameters, Plant seeds.

INTRODUCCIÓN

La presente tesis aborda la problemática de la contaminación de aguas superficiales, reconocida como uno de los retos ambientales más serios a nivel mundial. En el Perú, este fenómeno se manifiesta con especial intensidad en las zonas rurales, donde la ausencia de sistemas de tratamiento y la limitada gestión de residuos incrementan la vulnerabilidad de las fuentes hídricas. En el distrito de Llata, provincia de Huamalíes, el río Aco constituye un ejemplo de esta situación, pues recibe descargas de aguas residuales domésticas, basura y excretas, lo que ha deteriorado notablemente su calidad, comprometiendo sus parámetros fisicoquímicos y reduciendo su aptitud para diversos usos.

El problema de investigación se formuló de la siguiente manera: ¿Cuál es la eficiencia del carbón activado de semillas de porogsa (*Passiflora tripartita*), activado químicamente con diferentes agentes, en la mejora de los parámetros fisicoquímicos del agua del río Aco, Huánuco? En este marco, el objetivo general fue comparar la eficiencia del carbón activado con ácido fosfórico, hidróxido de sodio y cloruro de zinc en la remoción de contaminantes del agua. Asimismo, se plantearon objetivos específicos orientados a determinar las variaciones en color, olor, turbidez, pH, oxígeno disuelto, DBO y DQO, antes y después de los tratamientos experimentales.

La investigación se justifica por la necesidad de desarrollar soluciones sostenibles, accesibles y replicables que aprovechen recursos locales de bajo costo. El empleo de semillas de porogsa, un subproducto agrícola disponible en la región, constituye una alternativa viable para la obtención de carbón activado con elevada capacidad de adsorción, lo que permite reducir costos, promover la economía circular y fortalecer la autogestión de las comunidades frente a la problemática ambiental.

Metodológicamente, el estudio fue de nivel aplicativo con diseño experimental verdadero. Se recolectaron 20 litros de agua superficial del río Aco, los cuales fueron sometidos a tres tratamientos diferentes, cada uno por triplicado, utilizando carbón activado químicamente con los tres agentes mencionados. Se realizaron mediciones antes y después del tratamiento para

evaluar la efectividad de cada uno, empleando instrumentos y técnicas estandarizadas de laboratorio. Las fuentes de información incluyeron literatura científica actualizada, tesis previas relacionadas y normativas nacionales sobre calidad de agua.

Durante el desarrollo de la investigación se identificaron algunas limitaciones, como la variabilidad estacional de los parámetros del río, que puede influir en los resultados, así como la disponibilidad restringida de ciertos reactivos químicos necesarios para la activación del carbón. Pese a estas dificultades, se logró cumplir con los objetivos planteados gracias a una adecuada planificación experimental y la aplicación de técnicas de control en las mediciones realizadas.

Los resultados obtenidos demostraron mejoras significativas ($p < 0,05$) en los parámetros fisicoquímicos del agua, con diferencias estadísticas claras entre los agentes activantes. El ácido fosfórico presentó la mayor eficiencia global en la remoción de turbidez, DBO y DQO, aunque provocó una disminución crítica del oxígeno disuelto; el cloruro de zinc mostró un comportamiento intermedio con la misma limitación; y el hidróxido de sodio, pese a una menor eficiencia de remoción, fue el único tratamiento que conservó el oxígeno disuelto y el pH dentro de los límites del Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para uso recreacional.

En conclusión, el carbón activado de semillas de porogsa representa una alternativa sostenible, innovadora y económica para el tratamiento de aguas superficiales en contextos rurales. Sus resultados evidencian que es posible transformar un recurso agrícola desaprovechado en un material de alta utilidad ambiental, contribuyendo tanto a la mejora de la calidad del agua como a la reducción del impacto de contaminantes. El ácido fosfórico se consolida como el agente más eficaz en la remoción de contaminantes, mientras que el hidróxido de sodio resulta el más viable ambientalmente, abriendo la posibilidad de futuros proyectos de tratamiento comunitario del agua con base en esta tecnología.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La contaminación de las aguas superficiales es un problema a escala Mundial, ya que no solo se da en los países industrializados o los menos industrializados, sino que afecta a todos y cada uno de los sectores de cada población. La contaminación hídrica se entiende como la acción de introducir algún material en el agua alterando su calidad y su composición química. La mayor fuente de contaminación proviene de los sedimentos o materia suspendida que enturbian el agua. Los ríos y lagos que atraviesan zonas en contacto con sustancias peligrosas pueden disolver y mezclar físicamente partículas contaminantes en el agua. A lo largo del curso de un río son innumerables los espacios y zonas peligrosas que el agua debe cubrir. (Guadarrama, et al.,2016).

A nivel nacional, Perú enfrenta desafíos significativos en la calidad del agua, Las prácticas inadecuadas, como la descarga de contaminantes, resultan en consecuencias graves para el medio ambiente. Los ríos contaminados afectan la fauna acuática y la calidad del agua. (Gao et al., 2020). Las actividades humanas, como la agricultura intensiva y la urbanización, contribuyen a esta degradación, que impacta negativamente en la biodiversidad y los procesos ecológicos. (Arce-Villalobos et al., 2022).

El distrito de Llata, provincia de Huamalíes, se enfrenta a una problemática ambiental crítica debido a la contaminación del río Aco, una fuente fluvial esencial para la población local. A pesar de ser utilizado para actividades fundamentales como el riego agrícola y el abastecimiento de agua para la ganadería, el río recibe descargas de aguas residuales domésticas sin tratamiento, así como basura, excrementos de animales, y es empleado como lavadero de ropas y vehículos. La contaminación del río Aco, distrito de Llata, ha generado una disminución en la calidad del agua, los diversos

contaminantes han alterado los parámetros fisicoquímicos del río, afectando negativamente su estado ecológico. (Melgarejo-Tolentino, 2020).

La contaminación de las aguas superficiales afecta tanto la calidad del agua como los ecosistemas acuáticos, provocando problemas como la eutrofización, que genera floraciones algales nocivas y cianotoxinas peligrosas para la salud humana y animal (Pavan et al., 2022).

Los tratamientos convencionales para la purificación del agua, como la coagulación, floculación y filtración, han mostrado limitaciones en la remoción de ciertos contaminantes, especialmente en concentraciones elevadas (Gao et al., 2020). En este contexto, la adsorción se presenta como una técnica prometedora. Este método, que utiliza carbón activado, ha demostrado ser efectivo en la eliminación de contaminantes orgánicos e inorgánicos debido a su alta área superficial y capacidad de adsorción (Osorio et al., 2021a; Carrasquero et al., 2022). La adsorción es un proceso relativamente simple y económico, lo que la convierte en una opción viable para el tratamiento de aguas contaminadas (Osorio et al., 2021a).

Investigaciones recientes han explorado la eficacia del carbón activado en la remoción de contaminantes del agua. Por ejemplo, un estudio realizado por Minaya Pereyra et al. (2020) demostró que el carbón activado de residuos maderables puede ser efectivo en la decoloración de aceites, lo que sugiere su potencial en la remoción de otros contaminantes (Minaya Pereyra et al., 2020). Otro estudio de Carrasquero et al. (2022) evaluó la capacidad adsorbente del carbón activado obtenido de cáscaras de cítricos, mostrando resultados prometedores en la eliminación de colorantes (Carrasquero et al., 2022). Además, la investigación de Osorio et al. (2021a) subraya la viabilidad del carbón activado derivado de residuos orgánicos para el tratamiento de aguas residuales, destacando su bajo costo y disponibilidad (Osorio et al., 2021a).

El uso de carbón activado derivado de fuentes vegetales, como las semillas de poroysa (*Passiflora tripartita*), es un área de creciente interés. La activación química del carbón puede mejorar significativamente sus

propiedades adsorbentes, permitiendo una mayor eficiencia en la remoción de contaminantes (Osorio et al., 2021a). La elección de agentes activantes químicos es crucial, ya que influye en la estructura porosa y la capacidad de adsorción del material resultante (Charmas et al., 2023; Kalamaga et al., 2022; Saleem, 2021). La combinación de diferentes agentes activantes químicos en la producción de carbón activado es un aspecto que requiere más atención, ya que puede influir significativamente en la capacidad de adsorción del material (Gao et al., 2020).

En particular, la mayoría de las investigaciones se han centrado en fuentes de carbón activado más convencionales, como el coco o la madera, dejando de lado materiales alternativos como las semillas de porogsa (Gao et al., 2020). Además, la influencia de diferentes agentes activantes químicos en la eficiencia de adsorción del carbón activado derivado de fuentes vegetales aún no ha sido suficientemente explorada (Gao et al., 2020).

El presente proyecto de investigación busca aportar una alternativa innovadora y sostenible para el tratamiento de aguas contaminadas mediante el uso de carbón activado derivado de un recurso vegetal local. En particular, el estudio se enfoca en evaluar la eficacia de diferentes agentes activantes químicos en la activación del carbón de semillas de porogsa, explorando su impacto en la capacidad de adsorción y eficiencia para la remoción de contaminantes específicos en las aguas del río Aco. A diferencia de los materiales convencionales como el coco o la madera, las semillas de porogsa representan ventajas como su bajo costo y disponibilidad en la región. Además, la investigación contribuirá al conocimiento sobre el rol de distintos agentes activantes en la modificación de las propiedades adsorbentes del carbón activado, lo que podría abrir nuevas oportunidades para optimizar los procesos de purificación de agua en contextos rurales o de bajos recursos. Este enfoque innovador y ecológico podría representar un aporte significativo en la mejora del agua y en la mitigación de la problemática ambiental en el río Aco, beneficiando a las comunidades locales y promoviendo el desarrollo de soluciones sostenibles en el tratamiento de aguas residuales.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es la eficiencia del carbón activado de semillas de porogsa (*Passiflora tripartita*) activado químicamente con diferentes agentes en los parámetros fisicoquímicos del agua del río Aco, Huánuco?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuáles son los parámetros físicos del agua del río Aco, Huánuco, antes y después de la intervención con los agentes activantes químicamente (ácido fosfórico, hidróxido de sodio y cloruro de zinc)?
- ¿Cuáles son los parámetros químicos del agua del río Aco, Huánuco, antes y después de la intervención con los agentes activantes químicamente (ácido fosfórico, hidróxido de sodio y cloruro de zinc)?
- ¿Cuál es la capacidad de adsorción máxima de cada tipo de carbón activado para los diferentes contaminantes presentes en el agua del río Aco, Huánuco?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Comparar la eficiencia del carbón activado de semillas de porogsa (*Passiflora tripartita*) activado químicamente con diferentes agentes en los parámetros fisicoquímicos del agua del río Aco, Huánuco.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar los parámetros físicos del agua del río Aco, Huánuco, antes y después de la intervención con los agentes activantes químicamente (ácido fosfórico, hidróxido de sodio y cloruro de zinc).
- Evaluar los parámetros químicos del agua del río Aco, Huánuco, antes y después de la intervención con los agentes activantes

químicamente (ácido fosfórico, hidróxido de sodio y cloruro de zinc).

- Evaluar la capacidad de adsorción máxima de cada tipo de carbón activado para los diferentes contaminantes presentes en el agua del río Aco, Huánuco.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La calidad del agua es un aspecto fundamental tanto para la salud de la población como para el equilibrio ambiental. En el caso del río Aco, que constituye una fuente superficial de uso recreacional, la presencia de contaminantes representa un riesgo que debe ser atendido. Mejorar sus parámetros fisicoquímicos no solo contribuye a reducir posibles impactos negativos en la salud, sino también a preservar los ecosistemas asociados.

Dentro de las alternativas de tratamiento, el carbón activado se reconoce por su capacidad de adsorber contaminantes. Sin embargo, gran parte del carbón activado comercial proviene de materiales de alto costo, lo que limita su accesibilidad en contextos locales. Por ello, resulta importante explorar el uso de recursos disponibles en la región, como las semillas de porogsa, que pueden convertirse en una opción sostenible y de bajo costo para mejorar la calidad del agua.

La aplicación de estas semillas en la elaboración de carbón activado no solo busca una solución ambiental, sino que también aporta un valor agregado a un recurso agrícola que normalmente no se aprovecha. Con ello, se podría fomentar un uso más responsable de los recursos naturales y, al mismo tiempo, beneficiar a las comunidades locales mediante alternativas que promuevan la sostenibilidad.

Además, las investigaciones sobre el carbón activado de semillas de porogsa aún son limitadas, lo que resalta la necesidad de estudiar su eficacia frente a diferentes agentes de activación química. Este trabajo se plantea, entonces, como un aporte al conocimiento científico y como una propuesta práctica para el tratamiento de agua superficial destinada a fines recreacionales.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

En el desarrollo de la investigación no se presentaron dificultades significativas. La toma de muestras se realizó en temporada de lluvias, lo que exigió mayor cuidado para garantizar su representatividad, pero no afectó el proceso. A pesar de que la lluvia ligera al inicio complicó un poco la labor en campo, se logró efectuar la toma de muestras y medir los parámetros in situ. En el laboratorio de la Universidad de Huánuco se contó con los equipos necesarios para la carbonización y activación de las semillas de porogsa, únicamente el manejo de sustancias químicas fuertes requirió especial cuidado, pero no afectó el desarrollo de los experimentos.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación fue viable porque desde el inicio conté con las condiciones necesarias para desarrollarla. Tuve acceso al laboratorio de la Universidad de Huánuco, donde se encontraban los equipos indispensables para la elaboración del carbón y su activación. Esta disponibilidad me permitió trabajar de manera planificada y sin interrupciones.

En lo económico, la adquisición de las semillas de porogsa y los reactivos estuvo a mi cargo y no representó dificultad, ya que los conseguí oportunamente y en las cantidades requeridas.

También fue factible la recolección de las muestras de agua del río, la cual se realizó de forma ordenada, asegurando su representatividad y la medición de los parámetros in situ. Asimismo, el transporte hasta el laboratorio se llevó a cabo sin inconvenientes, garantizando la conservación de las muestras.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Megherbi et al. (2024), en Argelia, llevaron a cabo un estudio titulado "The effect of phosphoric acid on the properties of activated carbons made from *Myrtus communis* leaves: Textural characteristics, surface chemistry, and capacity to adsorb methyl orange", realizado en la Universidad de Mohamed Boudiaf, con el **objetivo** de evaluar el impacto del ácido fosfórico (H_3PO_4) en las propiedades fisicoquímicas de los carbones activados producidos a partir de hojas de *Myrtus communis*. La **metodología** incluyó una activación química con diferentes proporciones de H_3PO_4 (30 %, 60 %, 100 % y 150 % en peso), llevada a cabo a 450 °C (con un incremento de temperatura de 10 °C/min) durante una hora en atmósfera ambiente. Para caracterizar los carbones, se utilizaron análisis de superficie BET, imágenes FESEM-EDS, XPS, FT-IR-ATR, espectroscopia Raman, análisis elemental CHNS-(O), y estudios de adsorción de naranja de metilo (MO), empleando hojas de *Myrtus communis* como biomasa. Los **resultados** mostraron un aumento en la superficie específica de 642 m²/g a 1237 m²/g y en el volumen de poros de 0,29 cm³/g a 0,97 cm³/g conforme la proporción de H_3PO_4 se incrementaba. La capacidad de adsorción máxima para el naranja de metilo también aumentó notablemente, pasando de 46,02 ± 4,63 mg/g a 326,54 ± 37,67 mg/g. El equilibrio de adsorción se explicó bien mediante la isoterma de Freundlich, y el modelo cinético de pseudosegundo orden describió adecuadamente el proceso de adsorción. En **conclusión**, el estudio resalta que el ácido fosfórico es un activador eficaz para obtener carbones activados con una superficie específica elevada y mayor capacidad de adsorción, sugiriendo el potencial de las hojas de *Myrtus communis* como un recurso de biomasa sostenible para la producción de carbón activado.

Gao et al. (2024), en China, desarrollaron el estudio "Enhancement effect of potassium ferrate on self-activation: Significant improvement in pore structure and adsorption performance of activated carbon", realizado en el Centro Internacional para el Bambú y el Ratán, con el **objetivo** de investigar el efecto potenciador del ferrato de potasio (K_2FeO_4) en el proceso de autoactivación para producir carbón activado, enfocado en mejorar la estructura de los poros y la capacidad de adsorción. La **metodología** incluyó la introducción de K_2FeO_4 en el proceso de autoactivación para obtener carbones activados modificados con Fe (KBAC) y analizar su estructura de poros y su capacidad de adsorción. Aunque no se especificaron detalles sobre la población o el tamaño de muestra, los **resultados** evidenciaron que la adición de K_2FeO_4 mejoró significativamente la estructura de poros, incrementando tanto el volumen de poros como el área de superficie específica. Los KBAC mostraron excelentes capacidades de adsorción para contaminantes como As(V), IBP y TC, con la mayor capacidad observada en KBAC-5% debido a su mayor volumen de mesoporos. En **conclusión**, el estudio demuestra que el efecto sinérgico del K_2FeO_4 en el proceso de autoactivación optimiza tanto la estructura de poros como la capacidad de adsorción de los carbones activados, haciéndolos efectivos para la eliminación de diversos contaminantes.

Zhang et al. (2024), en China, desarrollaron el estudio "Enhanced SO_2 , NO, and Cr (VI) removal by lignin-derived high Ndoped activated carbon through one-pot strategy: Structure development, structure–performance relationship and mechanism insight" en la Universidad de Shanxi, con el **objetivo** de crear carbón activado (CA) de alto rendimiento a partir de lignina mediante una estrategia de un solo paso, mejorando la eliminación de SO_2 , NO y Cr (VI) a través de dopaje con nitrógeno y optimización de la estructura porosa. La **metodología** incluyó la caracterización de los CA usando técnicas como análisis térmico (TG-DSC), isothermas de adsorción-desorción de N_2 , difracción de rayos X (DRX), espectroscopia Raman, microscopía electrónica de barrido (SEM) y espectroscopia fotoelectrónica de rayos X (XPS). Si bien

no se especificó la población o tamaño de muestra, se emplearon lignosulfonato de sodio (SL) y diferentes proporciones de FeCl_3 para preparar el carbón activado dopado con nitrógeno. Los **resultados** mostraron que la muestra AC-3 alcanzó una alta superficie específica y un volumen de poros elevado, mejorando su capacidad de adsorción de Cr (VI) hasta 386,2 mg/g, mientras que AC-2 registró un contenido máximo de nitrógeno del 11,4 %, lo que mejoró su eficacia en la eliminación de azufre y la conversión de NO. En **conclusión**, el estudio subraya el potencial de los materiales de carbono poroso derivados de lignina para la eliminación efectiva de contaminantes gaseosos y líquidos, atribuyendo el rendimiento mejorado a la estructura de poros optimizada y al aumento de sitios activos mediante dopaje con nitrógeno, lo que hace a estos materiales prometedores para aplicaciones ambientales.

Yao et al. (2024), en China, realizaron el estudio "Efficient dye adsorption of mesoporous activated carbon from bamboo parenchyma cells by phosphoric acid activation" en la Universidad de Guangxi, cuyo **objetivo** fue desarrollar adsorbentes eficientes y sostenibles para el tratamiento de aguas residuales con colorantes, utilizando células de parénquima de bambú activadas con ácido fosfórico y centrándose en sus propiedades de adsorción. La **metodología** del estudio incluyó la utilización de células de parénquima de bambú de bambú moso, que fueron aisladas y activadas con ácido fosfórico a diversas concentraciones (10-50%). Se sintetizó carbón activado a partir de estas células a través de la activación con ácido fosfórico, y luego se evaluó su capacidad de adsorción para el colorante azul de metileno (MB). El estudio examinó también los efectos de las diferentes concentraciones de ácido fosfórico en el rendimiento de adsorción. Los **resultados** mostraron que la capacidad de adsorción varió con la concentración de ácido fosfórico utilizada para la impregnación; específicamente, el PPAC-10C mostró la mayor capacidad de adsorción debido a su mayor área de superficie específica, mientras que el PPAC-30C se destacó por su capacidad de adsorción superior en comparación con el PPAC-50C,

atribuida a su estructura mesoporosa. Las isothermas de adsorción se ajustaron al modelo de Langmuir, indicando una adsorción en monocapa, con una capacidad máxima de 576 mg/g. En **conclusión**, el estudio concluyó que las células de parénquima de bambú activadas con ácido fosfórico son efectivas para la adsorción de tintes, y que la concentración de ácido fosfórico afecta significativamente la distribución del tamaño de los poros y el área de superficie específica, influyendo en el rendimiento de la adsorción. El mecanismo de adsorción involucró adsorción física, atracción electrostática, enlaces de hidrógeno y efectos de conjugación p-p.

Hashemzadeh et al. (2024), en China, en su investigación titulada “Sustainable removal of tetracycline and paracetamol from water using magnetic activated carbon derived from pine fruit waste”, realizada en la Universidad de Guangxi, plantearon el **objetivo** de desarrollar un método sustentable para la eliminación de tetraciclina (TC) y paracetamol (PC) del agua, empleando carbón activado magnético derivado de residuos de frutos de pino. La **metodología** incluyó la síntesis del adsorbente magnético (MPFRC-A) mediante un proceso en tres etapas: activación física, activación química con ácido sulfúrico, y coprecipitación con nanopartículas de Fe_3O_4 . Para caracterizar el adsorbente, se utilizaron técnicas como XRD, FTIR, SEM, BET y EDX, mientras que los experimentos de adsorción evaluaron el impacto de variables como pH, tiempo de contacto, concentraciones iniciales de contaminantes, dosis de adsorbente y temperatura. Aunque no se especificó el tamaño de muestra ni la población, los **resultados** mostraron que el MPFRC-A tenía un área de superficie específica de $182,5 \text{ m}^2/\text{g}$ y un volumen total de poros de $0,33 \text{ cm}^3/\text{g}$. Las capacidades máximas de adsorción alcanzaron $43,75 \text{ mg/g}$ para TC y $41,7 \text{ mg/g}$ para PC, con los datos de adsorción ajustándose bien al modelo de isoterma de Langmuir ($R^2 > 0,98$). Además, se determinó que el proceso de adsorción era endotérmico y no espontáneo. En **conclusión**, el estudio destacó que el MPFRC-A es un adsorbente eficiente para remover TC y

PC del agua, con alta capacidad de adsorción y la ventaja de poder ser separado de soluciones acuosas mediante un imán externo.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Chura y Ponte (2023), en Lima se elaboró la tesis de pregrado titulada “Uso del carbón activado de semillas de eucalipto en la remoción de contaminantes del río Huatanay – Cusco”, presentada en la Universidad San Ignacio de Loyola en Lima, investigaron la efectividad del carbón activado derivado de semillas de eucalipto para la remoción de contaminantes en el río Huatanay, en Cusco. Su **objetivo** fue evaluar el impacto de diferentes concentraciones de este adsorbente en parámetros de calidad ambiental. La **metodología** consistió en producir carbón activado a partir de semillas de eucalipto mediante activación química con ácido fosfórico (H_3PO_4) al 85% v/v, a una temperatura de 550 °C durante una hora, realizando muestreos en cuatro puntos del río. Las muestras recolectadas fueron analizadas antes y después de aplicar dosis de 0.5 y 1 g de carbón activado en 100 mL de agua, con un tiempo de agitación de 20 minutos, repitiendo el proceso tres veces en intervalos de dos semanas. Los **resultados** indicaron una notable disminución en los niveles de contaminantes, reflejada en la mejora de parámetros como el pH, la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), y la reducción de coliformes totales y termotolerantes. En **conclusión**, el carbón activado de semillas de eucalipto mostró ser un método eficaz para reducir la concentración de contaminantes en el agua del río Huatanay, destacándose como una alternativa viable para el tratamiento ambiental en cuerpos de agua contaminados.

Sandoval y Yupanqui (2023), en la ciudad de Huancayo desarrollaron la tesis de pregrado titulada “Aplicación del carbón activado granular y carbón activado en polvo como filtrantes para la mejora de la calidad de agua del río Alameda, Ayacucho, 2022”, en la Universidad Continental en Huancayo, analizaron el efecto del carbón activado granular y en polvo como filtrantes para mejorar la calidad del agua del río Alameda en la zona de Totorilla, situada aguas abajo de la

planta de tratamiento de aguas residuales Totorá-Ayacacucho. El **objetivo** fue evaluar el impacto de estos materiales en la remoción de contaminantes. Como **metodología**, emplearon un diseño factorial 2^2 con dos repeticiones, considerando las variantes de carbón activado (granular y en polvo) y las cantidades de 200 g y 500 g en filtros compuestos por capas de piedra chancada, grava, gravilla y arena gruesa. La muestra consistió en 30 L de agua recolectada y distribuida en volúmenes de 3 L para cada filtro. Los **resultados** indicaron que las características iniciales del agua excedían los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para categoría 3, destacando parámetros como coliformes fecales (240,000 NMP/100 mL), Demanda Bioquímica de Oxígeno (40.50 mg/L), y aceites y grasas (16.50 mg/L). Después de la filtración, se observaron reducciones significativas, con un 91.46% de remoción de coliformes fecales utilizando filtros de carbón activado en polvo de 500 g, una reducción del 50.30% en aceites y grasas con filtros de 200 g, y una disminución del 15.31% en la Demanda Bioquímica de Oxígeno con filtros de 500 g de carbón en polvo. Sin embargo, el pH también descendió en un 9.15% con filtros de 200 g de carbón en polvo. En **conclusión**, el estudio confirmó que, aunque el uso de carbón activado granular y en polvo contribuyó a reducir contaminantes como coliformes fecales, aceites y grasas, y Demanda Bioquímica de Oxígeno, los niveles finales aún no alcanzaron los valores exigidos por los ECA para aguas de categoría 3.

Rodríguez y Cruz (2022), en la ciudad de Jaén, se desarrolló la tesis de pregrado titulada “Producción de Carbón Activado a partir de la Testa de la Almendra de Cacao”, en la Universidad Nacional de Jaén. Como **objetivo** se propusieron producir carbón activado a partir de la testa de almendra de cacao mediante activación química con ácido fosfórico y evaluar sus propiedades fisicoquímicas, así como su capacidad de adsorción usando el colorante azul de metileno. En cuanto a la **metodología**, emplearon 5 kg de testa de almendra de cacao de la variedad criollo, que fue triturada, tamizada, impregnada con ácido fosfórico al 60%, y dejada en reposo durante 24 horas. Posteriormente,

las muestras se lavaron, secaron y sometieron a carbonización en distintas condiciones: a temperaturas de 200 °C, 250 °C y 300 °C y tiempos de 90, 120 y 150 minutos, con tres repeticiones por cada tratamiento. Luego de la carbonización, el carbón activado se enfrió, trituró y volvió a tamizar para su caracterización bajo la Norma Técnica Peruana 207.024. Los **resultados** indicaron que el tratamiento óptimo se obtuvo a 300 °C y 150 minutos de carbonización, logrando un carbón activado con humedad de 1.94%, densidad de 0.51 g/cm³, pH de 3.19, cenizas en 25.40%, materia volátil en 67.11% y carbón fijo en 7.49%. En **conclusión**, las condiciones óptimas de temperatura y tiempo permitieron obtener un carbón activado con alta capacidad de adsorción del colorante azul de metileno, confirmando sus propiedades fisicoquímicas como adecuadas para aplicaciones de adsorción en procesos industriales.

Paliza y Palomino (2023), en la ciudad de Lima, se presentó una tesis de pregrado titulada “Carbón activado derivado de la cáscara de quinua como adsorbente modificado para remover colorantes, Lima – Perú”, en la Universidad César Vallejo. Como **objetivo** evaluaron el uso de carbón activado obtenido de la cáscara de quinua como adsorbente modificado para la remoción del colorante Rojo reactivo 195 en una solución acuosa. La **metodología** consistió en sumergir la cáscara de quinua en ácido fosfórico (H₃PO₄) al 60% (p/v) durante 24 horas a temperatura ambiente y, posteriormente, modificar el carbón activado usando EDTA al 60% bajo las mismas condiciones de inmersión. Se utilizó un diseño experimental de Taguchi con una matriz ortogonal L9, que incluía 4 factores y 3 niveles de variación, resultando en 9 unidades experimentales con 2 repeticiones cada una. Los **resultados** mostraron una remoción máxima del 99.97% del colorante al utilizar una dosis de 3.5 g de carbón activado modificado (CAM), un pH de 11, y un tiempo de contacto de 120 minutos. Los datos experimentales se ajustaron bien al modelo de adsorción de Freundlich y a la cinética de adsorción del modelo de pseudo segundo orden. En **conclusión**, el carbón activado derivado de la cáscara de quinua demostró ser un método altamente

efectivo para la remoción de colorantes en soluciones acuosas, lo cual sugiere que los adsorbentes producidos a partir de residuos agrícolas podrían ofrecer nuevas oportunidades en el tratamiento de efluentes contaminados con colorantes.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

Ponce (2023), en la ciudad de Huánuco se presentó la tesis de pregrado titulada “Evaluación de la efectividad del carbón activado de cáscara de naranja (*Citrus sinensis*) para la adsorción de plomo (Pb) en disolución acuosa a nivel laboratorio”, en la Universidad de Huánuco, con el **objetivo** de evaluar la efectividad del carbón activado obtenido de cáscara de naranja como adsorbente de plomo (Pb) en soluciones acuosas, determinando la masa óptima para su remoción. La **metodología** incluyó un enfoque experimental con diseño explicativo, siguiendo la norma ASTM, y la caracterización de la cáscara de naranja para elaborar carbón activado mediante ácido fosfórico (H_3PO_4). Para evaluar la adsorción de plomo, se emplearon distintas dosis de carbón activado (0 g, 0.5 g, 1.0 g, 1.5 g y 2.0 g) en 500 mL de agua contaminada con plomo, manteniendo un pH de entre 2 y 3, y realizando 3 réplicas para cada dosis. Los **resultados** de caracterización de la cáscara de naranja mostraron un 8.37% de humedad, 69.51% de material volátil, 5.76% de cenizas, y 16.36% de carbón fijo. En términos de remoción de plomo, se lograron los siguientes porcentajes: 0 g: 0%, 0.5 g: 93.37%, 1.0 g: 94.46%, 1.5 g: 93.96%, y 2.0 g: 93.73%. La dosis de 1.0 g fue la más eficaz, con una remoción de 94.46%, y se demostró que el carbón activado de cáscara de naranja es una opción viable y ecológica para la eliminación de metales pesados como el plomo, logrando una remoción promedio del 93.88%.

Palacios (2023), en Huánuco se elaboró la tesis de pregrado titulada “Eficacia de un sistema de filtración con carbón activado a base de cáscara de coco para la obtención de agua para consumo humano a partir de agua pluvial”, en la Universidad de Huánuco. El **objetivo** fue evaluar la efectividad de un sistema de filtración que emplea carbón

activado derivado de cáscara de coco para tratar agua de lluvia y convertirla en agua potable. La **metodología** adoptó un enfoque aplicativo con diseño cuasi-experimental, procesando una muestra de 80 litros de agua pluvial, dividida en 4 unidades de estudio de 20 litros cada una, las cuales fueron sometidas al sistema de filtración. Los análisis pre y post test incluyeron parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. En los **resultados** del pre test se encontraron valores elevados en turbidez (23 UNT), hierro (0.50 mg/l), aluminio (0.43 mg/l), zinc (274.77 mg/l), coliformes totales (23 UFC/100 ml), coliformes termotolerantes (23 UFC/100 ml), organismos viables (OVL) (1751 Org./L) y E. coli (370000 UFC/100 ml), superando los límites establecidos por el Decreto Supremo N° 031-2010-SA. En el post test, aunque hubo mejoras, algunos resultados permanecieron altos: color (6.91 UCV), turbidez (2.53 UNT), pH (8.18), sólidos totales disueltos (131.83 mg/l), y la presencia de E. coli (1020000 UFC/100 ml), entre otros. La ausencia de huevos y larvas de helmintos fue verificada (0 Huevos/L). Llegando a la **Conclusión** de que el sistema de filtración con carbón activado de cáscara de coco no fue eficaz para purificar el agua de lluvia para el consumo humano, determinándose esta conclusión con un nivel de confianza del 95%.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. CARBÓN ACTIVADO

El carbón activado (CA) es un material poroso con una estructura altamente desarrollada que le confiere propiedades excepcionales para la adsorción de contaminantes en diversas aplicaciones, incluyendo el tratamiento de aguas residuales y la purificación de aire. Su producción generalmente implica la carbonización de materiales orgánicos, seguida de un proceso de activación que puede ser física o química, lo que resulta en una gran área superficial y una red de microporos que facilitan la adsorción (Minaya et al., 2020; Colpas et al., 2016).

Una de las propiedades más destacadas del carbón activado es su alta área superficial, que puede alcanzar hasta 2000 m²/g, lo que permite

una capacidad de adsorción significativa para una variedad de compuestos, tanto orgánicos como inorgánicos (Santos et al., 2016; Osorio et al., 2021a). Por ejemplo, se han reportado capacidades de adsorción de hasta 1033 mg/g para fármacos como el diclofenaco (Jaén Jiménez & Zamora Umaña, 2024). Además, la modificación química del carbón activado, como la impregnación con azufre, puede mejorar su eficacia en la remoción de contaminantes específicos, como el mercurio en lixiviados (Fanny & Barrero, 2012).

El pH del carbón activado también influye en su capacidad de adsorción. Se ha observado que un pH superior a 7 puede reducir la eficacia de adsorción debido a la repulsión electrostática entre los contaminantes y los grupos funcionales en la superficie del carbón (Valdés & Zaror, 2010). En estudios sobre la modificación de la superficie del carbón activado se ha evidenciado que el tratamiento con ozono incrementa los grupos oxigenados, lo que puede alterar su comportamiento de adsorción (Valdés et al., 2011), aunque un exceso de estos puede reducir su capacidad frente a ciertos contaminantes (Valdés & Zaror, 2010). Este material destaca por su estabilidad química y bajo costo, lo que lo convierte en una opción atractiva para aplicaciones ambientales y de tratamiento de agua (Prías-Barragán et al., 2015; Agudelo et al., 2019). Asimismo, la producción de carbón activado a partir de residuos agrícolas constituye una estrategia sostenible para el manejo de desechos, además de contribuir a la remoción de contaminantes (Osorio et al., 2021; Piastrellini et al., 2022).

2.2.1.1. PRODUCCIÓN DE CARBÓN ACTIVADO A PARTIR DE MATERIAS PRIMAS VEGETALES

La producción de carbón activado a partir de materias primas vegetales, como las semillas de porro, es un área de creciente interés. La elección del precursor influye significativamente en las propiedades del carbón activado, como su área superficial y su capacidad de adsorción. Estudios recientes han demostrado que los carbones activados derivados de residuos agrícolas, como el

aserrín y las cáscaras de frutas, presentan propiedades adsorbentes efectivas (Osorio et al., 2021b). Por ejemplo, la investigación de Guzman et al. muestra que el carbón activado de cáscara de coco es eficaz en la adsorción de cianuro, lo que resalta la versatilidad de los precursores vegetales (Guzman et al., 2022).

2.2.1.2. ACTIVACIÓN QUÍMICA Y SUS EFECTOS EN LA EFICIENCIA DE ADSORCIÓN

La activación química es un proceso crucial que mejora las características del carbón activado, aumentando su porosidad y área superficial. Este proceso puede realizarse utilizando diferentes agentes químicos, lo que afecta la eficiencia de adsorción del material resultante. Según Barragán, la optimización de las variables en la obtención de carbón activado puede conducir a un material con propiedades superiores (Prías-Barragán et al., 2015). Además, la investigación de Carrasquero et al. destaca que el carbón activado obtenido de epicarpios de cítricos tiene una alta capacidad adsorbente, lo que sugiere que la elección del agente de activación es fundamental para maximizar la eficiencia (Carrasquero et al., 2022).

2.2.1.3. TIPOS DE ACTIVACIÓN PARA EL CARBÓN ACTIVADO

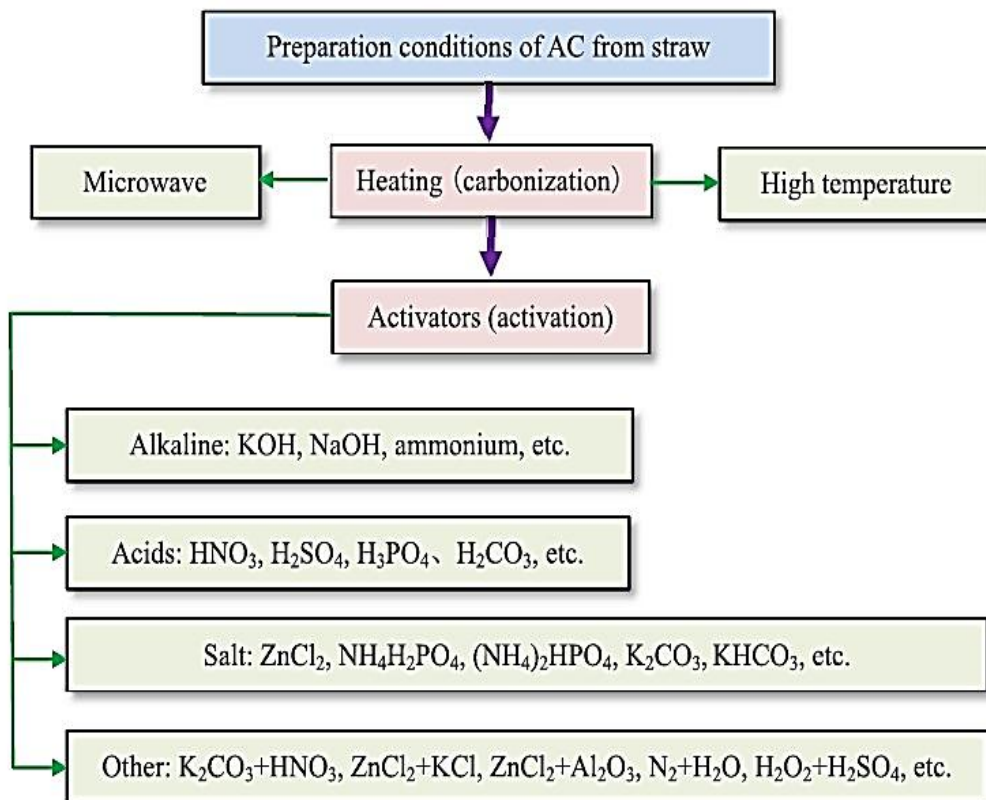
El proceso de fabricación del carbón activado se divide en dos tipos principales según el método de activación: activación física (o térmica) y activación química. (Carrasquero et al., 2022).

A. Activación física: En este proceso, la porosidad del carbón activado surge como resultado de la gasificación del material carbonizado a altas temperaturas. Puede realizarse en una o dos etapas, dependiendo de si la carbonización y la activación ocurren por separado o simultáneamente. (Carrasquero et al., 2022).

- **Carbonización o pirolisis:** La carbonización es un tratamiento térmico en una atmósfera inerte, sin aditivos químicos, a temperaturas entre 600 y 850°C. Para materiales lignocelulósicos, a partir de los 170°C hasta los 650°C, comienzan a romperse los enlaces entre el carbono y los átomos de hidrógeno, oxígeno, azufre y nitrógeno. Estos elementos se liberan como gases (CO, CO₂, CH₄, H₂, etc.) o alquitranes. El residuo sólido, rico en carbono (carbonizado o char), contiene entre un 80-95% de carbono según la temperatura final. El objetivo es maximizar la cantidad de carbonizado para la preparación de carbón activado. (Carrasquero et al., 2022).
 - **Activación:** Esta etapa implica una reacción entre un gas oxidante y el carbonizado a temperaturas entre 700 y 1000°C. Gases como dióxido de carbono, vapor de agua u oxígeno reaccionan con el carbono, extrayéndolo de la estructura en forma de CO o CO₂. La duración del proceso puede variar entre 30 minutos y 12 horas, dependiendo del agente activante y las condiciones. (Carrasquero et al., 2022).
- B. Activación química:** En este método, la porosidad del carbón activado se genera mediante reacciones de deshidratación química a temperaturas más bajas (400 - 600 °C) en comparación con la activación física. La materia prima se impregna con un agente químico como hidróxido de potasio (KOH), cloruro de zinc (ZnCl₂) o ácido fosfórico (H₃PO₄) antes de la carbonización (Wang et al., 2021).

Figura 1

Métodos de calentamiento y clasificación de activadores para la preparación de paja AC



Nota. Wang et al., (2021).

Una ventaja de este proceso es que ocurre en una sola etapa a temperaturas más bajas, lo que reduce la producción de alquitranes y volátiles, aumentando el rendimiento del carbón activado. El agente químico también penetra en la estructura del material, desarrollando una estructura porosa más eficiente. La proporción de agente activante y material precursor es crucial para determinar la porosidad y el rendimiento final del carbón activado: a mayor impregnación, mayor es la superficie específica y el tamaño de los poros. Ambos procesos, físico y químico, permiten obtener carbón activado con diferentes características y aplicaciones según las necesidades del material final. (Wang et al., 2021).

2.2.1.4. MECANISMOS DE ADSORCIÓN Y MODELOS DE ISOTERMA

Comprender los mecanismos de adsorción es esencial para evaluar la efectividad del carbón activado en la purificación del agua. Los modelos de isoterma, como el modelo de Langmuir y Freundlich, son herramientas útiles para describir cómo los contaminantes se adhieren a la superficie del carbón activado. Inglezakis et al. discuten la importancia de las isotermas en la interpretación de los datos de adsorción, lo que es crucial para el diseño de sistemas de tratamiento de agua (Inglezakis et al., 2018). Además, la investigación de Ortega et al. proporciona un análisis detallado de la cinética y termodinámica de la adsorción, lo que puede ser relevante para entender el comportamiento del carbón activado en condiciones específicas (Castellar-Ortega et al., 2019).

2.2.1.5. APLICACIONES DEL CARBÓN ACTIVADO EN EL TRATAMIENTO DE AGUA

El uso de carbón activado en el tratamiento de agua es bien documentado, especialmente en la remoción de contaminantes como metales pesados y compuestos orgánicos.

La eficacia del carbón activado en la purificación del agua ha sido evaluada en varios estudios, que demuestran su capacidad para eliminar contaminantes de manera efectiva. Por ejemplo, la investigación de Herrera-Morales y Jiménez-Ramos sobre el carbón activado granular destaca su aplicación en la remoción de contaminantes del agua del río Napo (Herrera-Morales & Jiménez-Ramos, 2021). Asimismo, el estudio de Cerda sobre la remoción de arsénico resalta la importancia de desarrollar técnicas efectivas para la purificación del agua (Rojas, 2020).

2.2.1.6. IMPACTO AMBIENTAL Y SOSTENIBILIDAD

Es fundamental considerar el impacto ambiental de la producción y uso del carbón activado. La investigación de

Piastrellini et al. aborda la evaluación ambiental de la producción de carbón activado a partir de residuos, sugiriendo que este enfoque puede contribuir a la sostenibilidad y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (Piastrellini et al., 2022). Este aspecto es crucial para justificar la elección de utilizar carbón activado derivado de fuentes vegetales en lugar de alternativas más contaminantes.

2.2.2. SEMILLA DE POROGSA

La semilla de porogsa corresponde a la planta (*Passiflora tripartita* var. *Mollissima*), también conocida comúnmente como tumbo serrano o curuba larga. Esta planta pertenece a la familia *Passifloraceae* y es nativa de las regiones andinas de América del Sur, donde se cultiva principalmente por sus frutos comestibles y sus propiedades medicinales (Aliaga et al., 2023). El tumbo serrano es apreciado no solo por su sabor, sino también por su alto contenido de compuestos bioactivos, que incluyen flavonoides y polifenoles, los cuales han demostrado tener propiedades antioxidantes significativas (Simirgiotis et al., 2013).

Las semillas de (*Passiflora tripartita* var. *Mollissima*) son ricas en nutrientes y se ha investigado su potencial en diversas aplicaciones, incluyendo la producción de aceites y extractos con propiedades antioxidantes e hipoglucemiantes (Gil et al., 2023). En estudios recientes, se ha encontrado que el zumo de esta planta presenta un alto contenido de fenoles y flavonoides, lo que sugiere su utilidad en la formulación de productos funcionales para la salud (Gil et al., 2023). Además, los extractos de sus semillas han mostrado actividad inhibidora sobre enzimas como la α -amilasa y la α -glucosidasa, lo que podría tener implicaciones en el manejo de la diabetes (Raúl et al., 2020).

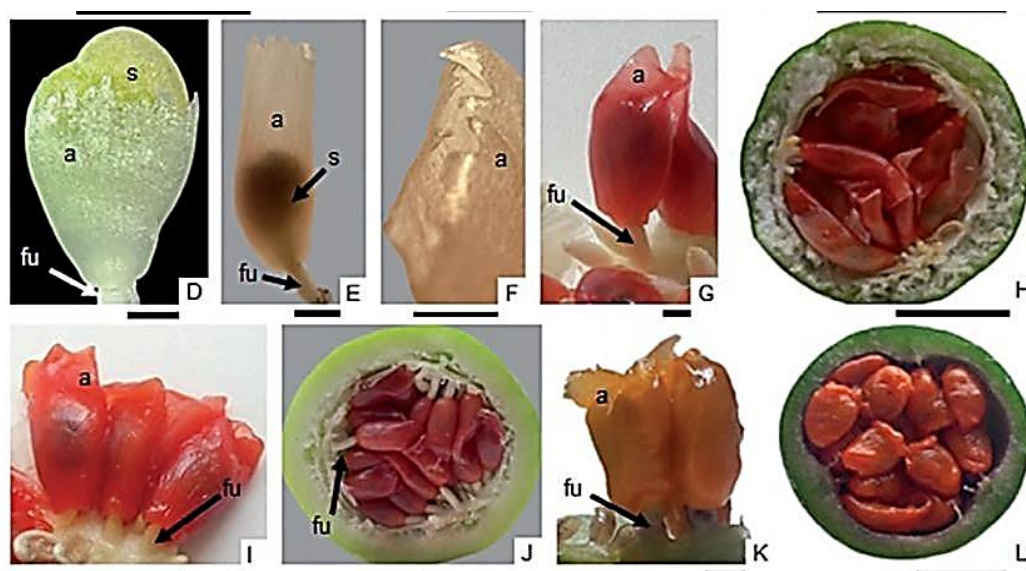
2.2.2.1. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE LA SEMILLA

Desde el punto de vista morfológico, las semillas de porosa (*Passiflora tripartita* var. *Mollissima*) son generalmente ovaladas y

poseen una testa dura que puede variar en color, lo que puede influir en su capacidad de germinación. Estudios previos han indicado que el color de la testa puede estar relacionado con la madurez de las semillas y su potencial de germinación, donde las semillas de color más oscuro tienden a ser menos viables (Vega-Corrales et al., 2022). Además, la morfología de las semillas puede ser utilizada como un marcador taxonómico, facilitando la clasificación de las diferentes especies dentro del género -*Passiflora*- (Pérez et al., 2022).

Figura 2

Semillas de porogsa



Nota. Pérez et al., (2022).

En términos de tamaño y peso, las semillas de poro-poro suelen tener dimensiones que oscilan entre 5 y 7 mm de longitud y 3 a 5 mm de ancho, con un peso promedio que puede variar dependiendo de las condiciones de cultivo y la madurez del fruto (Pérez et al., 2022). Este tamaño es comparable al de otras especies de -*Passiflora*-, lo que sugiere adaptaciones similares en su morfología. La variación en el tamaño de las semillas puede ser un indicador de la calidad fisiológica, ya que las semillas más grandes a menudo tienen un mayor potencial de germinación y vigor (Pérez et al., 2022).

Desde el punto de vista químico, las semillas de *-Passiflora tripartita var. Mollissima-* son ricas en compuestos bioactivos, incluyendo fenoles y antioxidantes, que no solo contribuyen a su valor nutricional, sino que también tienen implicaciones en la salud humana (Espinal-Ruiz et al., 2016). Estos compuestos pueden ser extraídos y utilizados en la formulación de productos funcionales, lo que resalta la importancia de estas semillas en la industria alimentaria y farmacéutica (Aliaga et al., 2023).

2.2.3. PROCESO DE ADSORCIÓN

El proceso de adsorción es un fenómeno físicoquímico en el cual un soluto (adsorbato) se acumula en la superficie de un sólido (adsorbente), formando una película del soluto sobre el adsorbente. Este proceso es fundamental en diversas aplicaciones, como el tratamiento de aguas residuales, la purificación de aire y la recuperación de metales pesados (Osorio et al., 2021a). La adsorción puede clasificarse en dos tipos principales: adsorción física (fisisorción) y adsorción química (quimisorción). La fisisorción se basa en fuerzas de Van der Waals y es generalmente reversible, mientras que la quimisorción implica la formación de enlaces químicos, lo que la hace generalmente irreversible y más específica (Dobrosz-Gómez et al., 2018).

Los mecanismos de adsorción pueden ser complejos e involucran varios pasos. Primero, el adsorbato debe difundir desde la solución hacia la superficie del adsorbente. Este proceso puede incluir la difusión en la solución, la difusión a través de los poros del adsorbente y la difusión en la superficie de la partícula (Jiménez Ramos et al., 2017a). Una vez que el adsorbato alcanza la superficie, se produce la adsorción, que puede ser influenciada por la naturaleza química del adsorbato y del adsorbente, así como por las condiciones del entorno, como el pH y la temperatura (Del Rosario Sun-Kou et al., 2014; Jiménez et al., 2017).

2.2.3.1. LOS FACTORES QUE AFECTAN EL PROCESO DE ADSORCIÓN

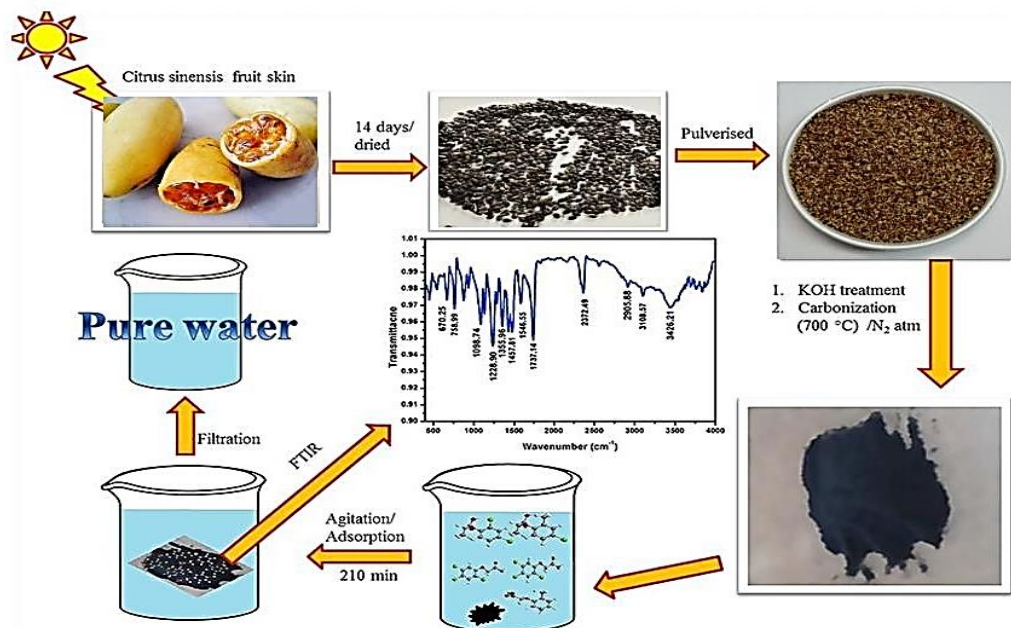
Son diversos e incluyen:

- **pH de la solución:** El pH puede influir en la carga superficial del adsorbente y en la ionización del adsorbato. Por ejemplo, en el caso de la adsorción de metales pesados, un pH más bajo puede aumentar la solubilidad de los metales, mientras que un pH más alto puede favorecer la precipitación y, por ende, la adsorción (Del Rosario Sun-Kou et al., 2014).
- **Temperatura:** La temperatura puede afectar tanto la solubilidad del adsorbato como la energía cinética de las moléculas, lo que puede aumentar la tasa de difusión y, por ende, la adsorción. Sin embargo, el efecto de la temperatura varía dependiendo de si el proceso es exotérmico o endotérmico (Guaya et al., 2023).
- **Concentración del adsorbato:** A mayor concentración de adsorbato, generalmente se incrementa la tasa de adsorción hasta alcanzar un punto de saturación, donde el adsorbente ya no puede captar más soluto (Zea et al., 2023).
- **Área superficial y porosidad del adsorbente:** Una mayor área superficial y una estructura porosa adecuada permiten una mayor interacción entre el adsorbato y el adsorbente, aumentando así la capacidad de adsorción (Colpas et al., 2016).
- **Tiempo de contacto:** El tiempo que el adsorbato permanece en contacto con el adsorbente es crucial. Un tiempo de contacto insuficiente puede resultar en una baja eficiencia de adsorción, mientras que un tiempo excesivo puede no tener un efecto significativo en la cantidad de adsorción (Pardo-Rodriguez et al., 2020).

- **Naturaleza del adsorbente:** Las propiedades químicas y físicas del adsorbente, como su composición, estructura y funcionalización, también juegan un papel importante en la eficacia del proceso de adsorción. Por ejemplo, la modificación química del carbón activado puede mejorar su capacidad para adsorber contaminantes específicos (Palomino-Amorína C, 2016).

Figura 3

Proceso de obtención de las semillas de porogsa



Nota. Palomino-Amorína C, (2016).

2.2.4. PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DEL AGUA

Los parámetros fisicoquímicos del agua es un aspecto crítico que afecta la salud pública, el medio ambiente y el desarrollo sostenible. Se refiere a la condición del agua en relación con los estándares requeridos para su uso, que pueden incluir parámetros físicos, químicos y microbiológicos. La evaluación de los parámetros del agua es esencial para garantizar que sea segura para el consumo humano y para otros usos, como la agricultura y la recreación (Osorio et al., 2021a).

Uno de los métodos más comunes para evaluar la calidad del agua es el uso de índices de calidad del agua (ICA), que permiten sintetizar

múltiples parámetros en un solo valor que refleja la calidad general del agua. Estos índices se basan en la combinación de datos sobre diversos contaminantes y características del agua, como la presencia de coliformes fecales, la demanda biológica de oxígeno (DBO), el pH, y la turbidez (Herrera-Morales & Jiménez-Gutiérrez, 2021). Por ejemplo, el ICA-NSF es una metodología utilizada para evaluar la calidad del agua en ríos, que considera diferentes parámetros y permite la toma de decisiones informadas para la gestión del recurso hídrico (Herrera-Morales & Jiménez-Gutiérrez, 2021).

La calidad del agua puede verse afectada por diversos factores, incluyendo la contaminación agrícola, industrial y doméstica. En áreas rurales, el uso de agua de pozo y de superficie puede presentar riesgos significativos debido a la contaminación por desechos animales y humanos, lo que se traduce en la presencia de patógenos y nutrientes en exceso (Minaya Pereyra et al., 2020). En este sentido, la percepción de la calidad del agua por parte de las comunidades también juega un papel importante. (Valdés & Zaror, 2010).

Además, las condiciones climáticas, como las variaciones estacionales entre épocas secas y lluviosas, pueden influir en la calidad del agua. Durante las lluvias, el escurrimiento puede aumentar la turbidez y la carga de contaminantes en los cuerpos de agua, afectando su calidad (Osorio et al., 2021a). Por otro lado, la gestión adecuada de los recursos hídricos, incluyendo la implementación de prácticas sostenibles y la educación ambiental, es fundamental para mejorar la calidad del agua y proteger los ecosistemas acuáticos (Agudelo et al., 2019).

A. Color: El color del agua puede variar según los compuestos presentes: se torna azul por materiales orgánicos de suelos vegetales y ácidos húmicos; amarillo por la presencia de hierro (Fe) y manganeso (Mn); y negro cuando existe alta concentración de Mn (Bolívar-Cuartas et al., 2021). Existen dos tipos de color: aparente y real, los cuales pueden deberse tanto a procesos naturales como a

la contaminación. Un ejemplo son las aguas residuales urbanas, que inicialmente se observan grises y, con el tiempo, se oscurecen hasta volverse negras (Bolívar-Cuartas et al., 2021). Para medir el color se utiliza un espectrofotómetro visible, sobre un fondo blanco y con luz diurna difusa. La referencia corresponde a soluciones de cobalto, óxido de cloro y cloroplatinato de potasio, expresadas en la escala PtCo o Pt, encontrándose en aguas subterráneas valores cercanos a 5 ppm (Bolívar-Cuartas et al., 2021). Finalmente, tras la eliminación del color, se recomienda aplicar desinfección, ya que aún pueden persistir sustancias orgánicas capaces de reaccionar con el cloro (Bolívar-Cuartas et al., 2021).

- B. Turbiedad:** La turbidez del agua se produce por la presencia de partículas sólidas en suspensión, las cuales dificultan los procesos de decantación y filtración. Cuando el agua presenta turbidez y adquiere un color marrón claro, se hace necesario aplicar un tratamiento previo a su uso (Bolívar-Cuartas et al., 2021). La medición de la turbidez se realiza con un turbidímetro (Bolívar-Cuartas et al., 2021). En cuanto a las características de las aguas subterráneas, estas suelen presentar valores de SiO_2 inferiores a 1 ppm; con 1 ppm el agua es muy clara y permite visibilidad de hasta 4 a 5 metros, mientras que valores superiores a 100 ppm reducen la visibilidad a menos de 10 cm (Bolívar-Cuartas et al., 2021). La remoción de la turbidez se lleva a cabo en plantas de tratamiento mediante procesos de clarificación, que incluyen el uso de coagulantes y reguladores de pH, lo cual incrementa los costos. Por ello, al diseñar un sistema de tratamiento, es necesario considerar tanto el tamaño como el comportamiento de las partículas presentes en el agua (Bolívar-Cuartas et al., 2021).
- C. Olor:** Este parámetro es considerado organoléptico, lo que significa que se percibe a través de los sentidos y puede proporcionar información sobre la calidad del agua. Un olor inusual puede indicar la presencia de compuestos orgánicos volátiles, bacterias o sustancias químicas. En el contexto de aguas recreativas, el estándar para el olor no está estrictamente regulado, pero es

fundamental que el agua no presente olores desagradables. Por lo tanto, aunque no hay un límite específico establecido para el olor en aguas recreativas, su evaluación es crucial. (Bolívar-Cuartas et al., 2021).

- D. pH:** En una solución acuosa, tiene un valor de 0 a 14, mientras que el agua natural tiene un pH de 6 a 8. (Bolívar-Cuartas et al., 2021). Para determinar el pH del agua, se usa un pH-chimetro, por lo que la muestra debe conservarse en un frasco de vidrio o polietileno. El pH de las aguas ácidas es inferior a 7, mientras que el pH de las aguas alcalinas es superior a 7. La media del pH varía debido a la temperatura. (Bolívar-Cuartas et al., 2021).
- E. Oxígeno Disuelto:** El oxígeno disuelto (OD) desempeña un papel fundamental en la salud de los ecosistemas acuáticos, especialmente en fitoplancton y la fauna acuática. Este gas es esencial para la respiración de organismos acuáticos, y su concentración puede influir significativamente en los procesos biogeoquímicos que sustentan la vida en cuerpos de agua. La importancia del oxígeno disuelto se manifiesta en su relación con la salud del fitoplancton, que es un componente clave de la cadena alimentaria acuática (Baylón et al., 2019). destacan que el oxígeno disuelto es crucial para el metabolismo y la respiración del fitoplancton, afectando su crecimiento y supervivencia (Baylón et al., 2019).
- F. Demanda Química de Oxígeno:** La demanda química de oxígeno (DQO) es un parámetro fundamental en la evaluación de la calidad del agua, ya que mide la cantidad de oxígeno requerido para oxidar químicamente la materia orgánica presente en una muestra de agua. Este indicador es esencial para determinar el grado de contaminación de las aguas residuales y su capacidad para ser tratadas antes de ser vertidas en cuerpos de agua naturales. La DQO se utiliza comúnmente en estudios de calidad del agua para evaluar la efectividad de los tratamientos de aguas residuales y la salud de los ecosistemas acuáticos. La DQO se considera un indicador más completo que la demanda bioquímica de oxígeno

(DBO), ya que incluye tanto la materia orgánica biodegradable como la no biodegradable. Esto significa que la DQO puede proporcionar una visión más precisa de la carga contaminante en las aguas residuales. (Rodríguez et al., 2021).

G. Demanda Bioquímica de Oxígeno: La demanda biológica de oxígeno (DBO) es un parámetro esencial en la evaluación de la calidad del agua, que mide la cantidad de oxígeno que los microorganismos requieren para descomponer la materia orgánica presente en una muestra de agua durante un periodo específico, generalmente cinco días a 20 °C (DBO5). Este indicador es fundamental para determinar el nivel de contaminación orgánica en cuerpos de agua y efluentes. La DBO se utiliza como un indicador de la salud de los ecosistemas acuáticos y de la efectividad de los tratamientos de aguas residuales. La DBO elevada puede llevar a la disminución de los niveles de oxígeno disuelto en el agua, afectando la vida acuática y provocando la muerte de organismos sensibles a la falta de oxígeno (Belli-Carhuayo, 2023).

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

- **Carbón Activado**

El carbón activado es un material poroso que se obtiene a partir de la carbonización de materiales orgánicos, como madera, cáscaras de frutas o residuos agrícolas, y se utiliza principalmente por su capacidad de adsorción y es eficaz en la remoción de metales pesados y compuestos orgánicos del agua (Jiménez et al., 2017b).

- **Activación Química**

La activación química es un proceso que se utiliza para aumentar la porosidad y la superficie específica del carbón activado mediante el uso de agentes químicos, como el ácido fosfórico o el cloruro de zinc. Este proceso mejora significativamente la capacidad de adsorción del material resultante. Según Carbonel, la activación química permite obtener carbones activados con propiedades superiores para la remoción de contaminantes (Carbonel, 2018).

- **Contaminantes del Agua**

Los contaminantes del agua son sustancias químicas o biológicas que afectan la calidad del agua y pueden ser perjudiciales para la salud humana y el medio ambiente. Estos incluyen metales pesados, compuestos orgánicos, y microorganismos. (Arévalo, 2020).

- **Agentes de Activación**

Los agentes de activación son sustancias químicas utilizadas durante el proceso de activación del carbón para aumentar su porosidad y área superficial. la selección adecuada de estos agentes es crucial para maximizar la eficiencia del carbón activado (Dobrosz- Gómez et al., 2018).

- **Ácido Fosfórico**

El ácido fosfórico es un compuesto químico inorgánico que se presenta como un líquido viscoso e incoloro en su forma pura, actúa como agente acidificante (Zamora et al., 2023).

- **Hidróxido de Sodio**

El hidróxido de sodio (NaOH), comúnmente conocido como sosa cáustica, es un compuesto químico altamente alcalino que se presenta en forma de un sólido blanco o como una solución acuosa. Este compuesto es ampliamente utilizado en diversas aplicaciones industriales y químicas debido a sus propiedades corrosivas y su capacidad para actuar como un agente deshidratante y neutralizante (Álvarez et al., 2022).

- **Cloruro de Zinc**

El cloruro de zinc (ZnCl_2) es un compuesto químico inorgánico que se presenta como un sólido blanco o como un líquido en solución. Es conocido por su alta solubilidad en agua y su capacidad para actuar como un agente deshidratante y un ácido de Lewis (Ballesteros et al., 2011).

- **Parámetros fisicoquímicos del Agua**

Los parámetros fisicoquímicos del agua se refieren a las características físicas y químicas del agua que determinan su idoneidad para un uso específico, como el consumo humano, la agricultura o la industria. (Arévalo, 2020).

- **Color**

El color como parámetro fisicoquímico del agua es fundamental ya que presenta diversos colores tales como gris, negro, verde; esto indica el estado en el que se encuentra el agua (Bolívar-Cuartas et al., 2021).

- **Turbiedad**

La turbiedad es un parámetro fisicoquímico, indica la presencia de partículas suspendidas, tales como sedimentos, algas, materia orgánica y microorganismos. La turbiedad se mide comúnmente en unidades nefelométricas de turbiedad (NTU). (Bolívar-Cuartas et al., 2021).

- **Olor**

Este parámetro es considerado organoléptico, lo que significa que se percibe a través de los sentidos y puede proporcionar información sobre la calidad del agua. (Bolívar-Cuartas et al., 2021).

- **pH**

El pH es una medida que indica la acidez o alcalinidad de una solución acuosa. Se define como el logaritmo negativo de la concentración de iones hidrógeno (H^+) en una solución, expresado en moles por litro. La escala de pH va de 0 a 14, donde un pH de 7 se considera neutro, valores por debajo de 7 indican acidez y valores por encima de 7 indican alcalinidad (Bolívar-Cuartas et al., 2021).

- **Oxígeno Disuelto**

El oxígeno disuelto (OD) es un parámetro crítico en la evaluación de la calidad del agua, ya que desempeña un papel fundamental en la salud de los ecosistemas acuáticos, especialmente en lo que respecta al fitoplancton y la fauna acuática (Baylón et al., 2019).

- **Demanda Química de Oxígeno**

La demanda química de oxígeno (DQO) es un parámetro fundamental en la evaluación de la calidad del agua, ya que mide la cantidad de oxígeno requerido para oxidar químicamente la materia orgánica presente en una muestra de agua (Rodríguez et al., 2021).

- **Demanda Biológica de Oxígeno**

La demanda biológica de oxígeno (DBO) es un parámetro esencial en la evaluación de la calidad del agua, que mide la cantidad de oxígeno

que los microorganismos requieren para descomponer la materia orgánica presente en una muestra de agua durante un periodo específico, generalmente cinco días a 20 °C (Belli-Carhuayo, 2023).

- **Semillas de Porogsa (*Passiflora tripartita*)**

Las semillas de porogsa, provenientes de la planta *Passiflora tripartita*, está compuesto de bioactivos, flavonoides y polifenoles, que poseen propiedades antioxidantes y antimicrobianas (Aliaga et al., 2023).

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

Hi: El carbón activado de semillas de porogsa (*Passiflora tripartita*), activado químicamente con ácido fosfórico, hidróxido de sodio y cloruro de zinc, presenta diferencias significativas en la eficiencia de adsorción, siendo uno de estos agentes más efectivo en mejorar los parámetros fisicoquímicos del agua del río Aco, Huánuco.

Ho: El carbón activado de semillas de porogsa (*Passiflora tripartita*), activado químicamente con ácido fosfórico, hidróxido de sodio y cloruro de zinc, no presenta diferencias significativas en la eficiencia de adsorción, siendo uno de estos agentes más efectivo en mejorar los parámetros fisicoquímicos del agua del río Aco, Huánuco.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

Hi.1: Los parámetros físicos del agua del río Aco, Huánuco (turbidez, color, DQO, DBO, etc.) mejorarán significativamente después de la intervención con carbón activado químicamente activado con ácido fosfórico, hidróxido de sodio o cloruro de zinc.

Hi.2: Los parámetros químicos del agua del río Aco, Huánuco, mostrarán una reducción significativa tras el tratamiento con carbón activado químicamente con ácido fosfórico, hidróxido de sodio o cloruro de zinc.

Hi.3: Cada tipo de carbón activado, activado químicamente con ácido fosfórico, hidróxido de sodio o cloruro de zinc, tendrá una capacidad de adsorción máxima diferente, siendo el carbón activado con uno de los agentes el más eficiente en la remoción de contaminantes presentes en el agua del río Aco, Huánuco.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE CALIBRACIÓN

Agentes activantes químicamente.

2.5.2. VARIABLE EVALUATIVA

Parámetros fisicoquímicos del agua

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

“Comparación de la eficiencia del carbón activado de semillas de porogsa (*Passiflora tripartita*) activado químicamente con diferentes agentes en los parámetros fisicoquímicos del agua del Río Aco, Huánuco – 2025”

Tabla 1

Operacionalización de variables

VARIABLE	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Unidad de medida	Tipo de variable y escala	Instrumento
Variable de calibración	Agentes activantes químicamente	Son compuestos químicos que se emplean para modificar la estructura del carbón durante su activación, lo que mejora su capacidad para adsorber contaminantes. (*Manual del Carbón activado*, s.f.).	Tipo de agente activante	Ácido fosfórico (H_3PO_4)	Mol/ml	Nominal dicotómica	Ficha N°1
		Son sustancias químicas que se incorporan a la materia prima del carbón antes de la carbonización o durante el proceso de activación. (*Manual del Carbón activado*, s.f.).		Hidróxido de sodio (NaOH)	Mol/ml		
				Cloruro de zinc ($ZnCl_2$)	Mol/ml		

Variable Evaluativa	Parámetros fisicoquímicos del agua	Los parámetros fisicoquímicos del agua son fundamentales para evaluar su calidad y determinar su idoneidad para diferentes usos. <i>D.S. 004-2017-MINAM. (2017).</i>	Son mediciones específicas que se utilizan para evaluar la calidad del agua destinada al contacto primario, como la recreación y el uso recreativo. <i>D.S. 004-2017MINAM. (2017).</i>	Parámetros fisicoquímicos	Color	UCV escala Pt/Co	Numérica discreta	Ficha N°4 Ficha N° 5
					Turbiedad	UNT	Categórica nominal	
					Olor	Factor de dilución a 25° C	Numérica continua	
					pH	Unidad de pH	Numérica continua	
					Oxígeno disuelto (OD)	mg/L	Numérica continua	
					Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/L	Numérica continua	
					Demanda biológica de oxígeno (DBO)	mg/L	Numérica continua	

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El estudio fue prospectivo, ya que las mediciones se planearon y se realizaron mediante experimentos con carbón activado de semillas de porogsa tratado con diferentes agentes químicos. Fue longitudinal, dado que se efectuaron múltiples mediciones, incluyendo un pre test y tres pos test. Además, tuvo un diseño analítico, al evaluar dos variables: el carbón activado con diferentes agentes y los parámetros fisicoquímicos del agua del río Aco. En cuanto a la intervención del investigador, el estudio fue experimental con intervención, puesto que se manipuló directamente el proceso de activación química de las semillas y se analizaron los cambios en los parámetros fisicoquímicos del agua (Supo et al., 2024).

3.1.1. ENFOQUE

El enfoque del estudio fue cuantitativo, ya que los resultados se cuantificaron mediante mediciones precisas del agua antes y después del tratamiento. Los datos se recolectaron y analizaron numéricamente para determinar la eficiencia del carbón activado en los parámetros fisicoquímicos del agua del río Aco, empleándose métodos estadísticos para el análisis de la información (Supo et al., 2024).

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

El estudio tuvo un nivel aplicativo, ya que buscó evaluar la eficiencia del carbón activado de semillas de porogsa tratado con diferentes agentes químicos para mejorar los parámetros fisicoquímicos del agua del río Aco. Este tipo de estudio implicó la aplicación de técnicas experimentales para resolver un problema específico, lo que lo clasificó como un estudio de nivel aplicativo. Además, los resultados pudieron ser

directamente utilizados para mejorar procesos de tratamiento de agua (Supo et al., 2024).

3.1.3. DISEÑO

El diseño de este estudio fue prospectivo, longitudinal, analítico y con intervención (Supo et al., 2024). Dicho experimento presentó un diseño de experimento verdadero, el cual se empleó en el estudio.

Experimento verdadero GE: O1----- X -----O2

Leyenda:

GC: Grupo control.

G.E: Grupo experimental.

X₁: Intervención con carbón activado de semillas de porogsa con ácido fosfórico (H₃PO₄) durante 1 hora.

X₂: Intervención con carbón activado de semillas de porogsa con Hidróxido de sodio (NaOH) durante 1 hora.

X₃: Intervención con carbón activado de semillas de porogsa con Cloruro de zinc (ZnCl₂) durante 1 hora.

O₁: Observación inicial (pre-test): Antes de su tratamiento con el carbón activo.

O₂: Observación final del primer tratamiento.

O₃: Observación final del segundo tratamiento.

O₄: Observación final del tercer tratamiento.

Figura 4

Esquema de los grupos experimentales



3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

La **población** de estudio estuvo constituida por el agua superficial del río Aco, ubicado en el distrito de Llata, provincia de Huamalíes, departamento de Huánuco, Perú, a una altitud de 3260 m.s.n.m. (Guyot, 2024).

3.2.2. MUESTRA

La muestra se obtuvo mediante la recolección de agua en tres puntos de monitoreo del río Aco: P01 (9°33'47.59" S; 76°48'55.69" O / -9.563219, -76.815469), P02 (9°33'46.58" S; 76°48'54.72" O / -9.562939, -76.815200) y P03 (9°33'45.70" S; 76°48'53.17" O / -9.562694, -76.814769). De cada punto se extrajeron submuestras, las cuales fueron mezcladas para conformar una **muestra compuesta** representativa de 20 litros, utilizando 2 litros en cada experimento. El muestreo, conservación y transporte del agua superficial se realizó de acuerdo con el Protocolo para el Monitoreo de Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (R.J. N° 010-2016-ANA), garantizando la integridad de las muestras durante todo el proceso (ANA, 2016).

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Tabla 2

Para recolección de datos

VARIABLE CALIBRACIÓN	INDICADOR	Técnica	Instrumento/recurso
Agentes activantes químicamente	Tipos de agentes activantes	Análisis químico	Espectrofotómetro, reactivos químicos
VARIABLE EVALUATIVA	INDICADOR	Técnica	Instrumento/recurso
Parámetros fisicoquímicos del agua	Color	Colorimetría	Colorímetro
	Turbiedad	Nefelometría	Turbidímetro
	Olor	Olfimetría	Olfatómetro
	pH	Potenciometría	pH-metro
	Oxígeno disuelto (OD)	Electroquímica	Medidor de oxígeno disuelto
	Demanda química de oxígeno (DQO)	Digestión y titulación	Digestor de DQO, titulador automático
	Demanda biológica de oxígeno (DBO)	Método de incubación	Incubadora de DBO

3.3.1. PROTOCOLO DE EJECUCIÓN

El tratamiento mediante el proceso de activación del carbón obtenido de semillas de porogsa, utilizando diferentes agentes activantes químicos, se realizó siguiendo los pasos descritos a continuación.

Paso 1: Preparación del carbón activado

La preparación del carbón activado obtenido de semillas de porogsa se llevó a cabo mediante los siguientes pasos:

- **Selección y Preparación del Precursor:** Las semillas de porogsa (*Passiflora tripartita*) fueron recolectadas, lavadas y limpiadas para eliminar impurezas. Posteriormente, se secaron a temperatura ambiente (alrededor de 18 °C) durante una semana, lo que redujo la cantidad de humedad, aspecto crucial para lograr una carbonización efectiva (Bastidas et al., 2010; Giovanny & Silva, 2016).
- **Carbonización:** Se colocaron 750 g de semillas secas en papel aluminio extendido y luego se introdujeron en un horno a 200 °C durante 2 horas (Ospina-Guarín et al., 2014; Carriazo et al., 2010). La duración de la carbonización fue de 2 horas (Coronado et al., 2016).
- **Activación Química:** Tras la carbonización, el carbón obtenido fue activado químicamente con ácido fosfórico (H_3PO_4), hidróxido de sodio (NaOH) y cloruro de zinc ($ZnCl_2$). La impregnación del carbón con cada agente activante se realizó en diferentes relaciones en peso y volumen/peso (carbón: agente activante): con hidróxido de sodio en proporción 5:1 (60 g de carbón: 12 g de NaOH), con ácido fosfórico en proporción 1:1 (60 g de carbón: 60 ml de H_3PO_4) y con cloruro de zinc en proporción 1:2 (60 g de carbón: 120 ml de $ZnCl_2$). Posteriormente, las muestras se dejaron reposar durante un período de 24 horas (*Manual del carbón activado*, s.f.).

- **Enfriamiento y Lavado:** Después de la activación, el carbón activado fue enfriado a temperatura ambiente y lavado con 20 litros de agua destilada para eliminar cualquier residuo del agente activante. Este procedimiento fue crucial para garantizar la eficiencia del carbón activado y que el pH sea adecuado. (*Manual del carbón activado*, s.f.).
- **Secado Final:** Finalmente, el carbón activado fue secado en un horno a baja temperatura (50 °C) en dos intervalos de 15 minutos cada uno, con el fin de eliminar la humedad residual (*Manual del carbón activado*, s.f.).
- **Caracterización:** La prueba de adsorción se realizó utilizando azul de metileno como adsorbato. Asimismo, se llevaron a cabo la medición del pH del carbón y la determinación de su densidad. Posteriormente, el análisis de los resultados se efectuó mediante el modelo de Freundlich, el cual permitió describir el comportamiento de la adsorción en el carbón activado, en concordancia con lo reportado por Castellar-Ortega et al. (2019).

Paso 2: Diseño Experimental

En un vaso precipitado de 2000 ml que contenía agua del río Aco se añadieron 20 gramos de carbón activado de semillas de porogsa, activado químicamente con diferentes agentes: ácido fosfórico (H_3PO_4), hidróxido de sodio (NaOH) y cloruro de zinc (ZnCl_2). La cantidad de carbón activado fue la misma en todos los vasos para garantizar la comparabilidad de los resultados.

A. Proceso recirculante:

- El agua contaminada del río Aco fue colocada en un vaso precipitado con capacidad de 2 litros.
- Se utilizó una varilla de agitación para uniformizar la mezcla.

- A cada vaso precipitado que contenía agua del río se le añadieron 20 g de carbón activado de semillas de porogsa en cada experimento, el cual fue tratado durante 1 hora.
- Por cada agente activante se realizó por triplicado los experimentos.

Paso 3: Recojo de muestras

A. Ubicación del punto: Se identificó el punto de monitoreo, para lo cual se utilizó un GPS que indicó las coordenadas.

B. Toma de Muestras: Se emplearon botellas de plástico esterilizadas. La muestra se tomó aguas arriba. Para ello, se introdujo la botella en el centro del río a una profundidad de 30 centímetros y se tapó dentro del agua.

C. Medición de parámetros en campo: Empleando un recipiente se tomó la muestra de agua y se midieron el pH y la temperatura.

D. Preservación de las muestras de agua: Las muestras fueron refrigeradas a 4 °C y analizadas dentro de las 48 horas posteriores a su recolección. Para el análisis en laboratorio, los parámetros color, turbiedad, pH, oxígeno disuelto y DBO₅ no requirieron preservante, mientras que para el parámetro DQO se añadió ácido sulfúrico hasta alcanzar un pH < 2 con el fin de estabilizar la muestra.

E. Identificación: La botella de plástico de 1 litro fue etiquetada y protegida con cinta, conteniendo la siguiente información:

- Nombre del responsable
- Codificación de identificación
- Hora
- Punto de muestreo
- N° de muestra
- Preservante utilizado, etc.

F. Conservación y envío de las muestras de agua: Los frascos de plástico fueron embalados para evitar derrames o rupturas.

- Se colocaron hielos para mantener las muestras conservadas.
- Las muestras fueron almacenadas en un cooler.
- Para realizar el análisis, las muestras fueron llevadas al laboratorio dentro de las 24 a 42 horas posteriores a la recolección.
- Se presentó la cadena de custodia y la ficha de muestreo para poder ingresar al laboratorio.

3.3.2. DISEÑO EXPERIMENTAL

Para este proyecto fue de interés el tipo de agente químico activante en el carbón de las semillas de porogsa, por lo que se utilizó un diseño completamente aleatorizado (DCA). Este diseño resultó sencillo y permitió comparar la eficiencia de los distintos agentes activantes, sin la complejidad de otros factores.

3.3.3. DISEÑO COMPLETAMENTE ALEATORIZADO (DCA)

A. Factores:

- **Tipos de Agente Activante:** Se emplearon como agentes activantes ácido fosfórico (H_3PO_4), cloruro de zinc (ZnCl_2) e hidróxido de sodio (NaOH).
- **Distribución del Diseño:** En este diseño, cada nivel del factor (tipo de agente activante) fue aplicado al carbón activado de las semillas de porogsa. A cada muestra se le aplicaron 60 gramos de carbón activado. En un vaso precipitado de 2000 ml se colocaron 20 gramos de carbón activado de las semillas de porogsa; por cada agente activante, el experimento se realizó en tres vasos precipitados de 2 litros. Se establecieron tres tratamientos (uno por cada agente activante) y a cada tratamiento se le aplicaron replicaciones con el fin de obtener datos estadísticamente significativos.

3.3.4. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS

Para la tesis titulada “Comparación de la eficiencia del carbón activado de semillas de porogsa (*Passiflora tripartita*) activado químicamente con diferentes agentes en los parámetros fisicoquímicos del agua del río Aco, Huánuco – 2025”, los datos recolectados fueron presentados y analizados siguiendo un enfoque claro y sistemático, basado en las siguientes pautas:

A. Medidas de Resumen:

- Los datos cuantitativos obtenidos de los experimentos en laboratorio, como los niveles de turbidez, color, olor, pH, demanda química de oxígeno (DQO), demanda biológica de oxígeno (DBO) y oxígeno disuelto (OD), se presentaron mediante medidas de tendencia central (media, mediana) y dispersión (desviación estándar, rango intercuartílico).
- Se emplearon tablas para organizar y presentar estos datos de forma clara, resaltando los valores relevantes para cada tratamiento (diferentes agentes activantes).

B. Resultados de Laboratorio:

- Los resultados que se obtuvieron del laboratorio (mediciones de pH, turbiedad, DQO, DBO, OD, etc.) se incluyeron en tablas comparativas que mostraron las mediciones para cada agente activador en los intervalos de tiempo establecidos.
- Estos resultados se presentan de manera secuencial para mostrar la eficiencia de cada agente activador en la mejora de la calidad del agua.

3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

En la tesis titulada "Comparación de la eficiencia del carbón activado de semillas de porogsa (*Passiflora tripartita*) activada químicamente con diferentes agentes en los parámetros fisicoquímicos del agua del Río Aco, Huánuco – 2025”, los datos obtenidos de los experimentos en laboratorio

fueron ordenados, clasificados y procesados utilizando el programa estadístico SPSS, siguiendo las técnicas detalladas a continuación:

A. Prueba de Normalidad:

- Se llevó a cabo la Prueba de Shapiro-Wilk para verificar si los datos cuantitativos recogidos de los parámetros de calidad del agua (como turbidez, DQO, DBO, pH, OD, entre otros) cumplían con el supuesto de normalidad.
- Este análisis permitió determinar la prueba estadística adecuada para comparar la eficiencia de los diferentes agentes activantes del carbón activado.

B. Análisis Paramétrico:

- Cuando los datos cumplieron con el supuesto de normalidad, se procedió a realizar un análisis estadístico paramétrico mediante un ANOVA de medidas repetidas unidireccional. Esta prueba permitió determinar y contrastar los resultados obtenidos con los distintos agentes activantes en función de su capacidad de adsorción de contaminantes, estableciendo si existían diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos a lo largo del tiempo.
- En los casos en que los datos no cumplieron con el supuesto de normalidad, se llevó a cabo un análisis no paramétrico mediante la prueba de Friedman (ANOVA de rangos). Este procedimiento permitió examinar con rigurosidad los resultados de los tratamientos no paramétricos y determinar la eficiencia de los agentes activantes en la optimización de los parámetros fisicoquímicos del agua.

C. Interpretación de Resultados:

- Los resultados que se obtuvieron de estas pruebas estadísticas fueron determinantes para la interpretación de los datos y la validación de los hallazgos obtenidos.

- La aplicación de estas técnicas permitió efectuar una evaluación rigurosa de la capacidad de los diferentes agentes activantes para optimizar los parámetros fisicoquímicos del agua en el río Aco.

D. Aplicación para la Discusión y Conclusiones.

- Los resultados estadísticos, tanto de las pruebas paramétricas como de las no paramétricas, sirvieron de base para la discusión del estudio y respaldaron la formulación de conclusiones sólidas respecto a la eficiencia del carbón activado con diferentes agentes químicos de las semillas de porogsa.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

Tabla 3

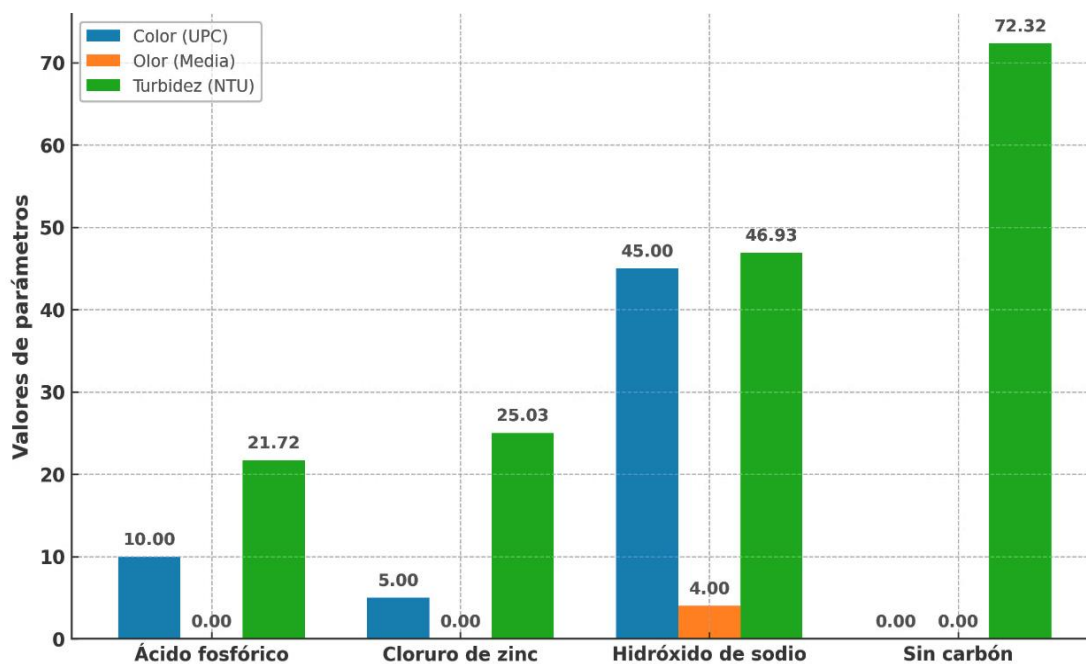
Parámetros físicos con el carbón activado de semillas de porogsa (Passiflora tripartita) activado químicamente con diferentes agentes en el agua del río Aco, Huánuco 2025

Método	Color	Olor	Turbidez
	Media	Media	Media
Ácido fosfórico	10,00	0,00	21,72
Cloruro de zinc	5,00	0,00	25,03
Hidróxido de sodio	45,00	4,00	46,93
Sin carbón	0,00	0,00	72,32

Nota. El cloruro de zinc mostró mejor desempeño en color, el hidróxido de sodio fue el único con olor perceptible y el ácido fosfórico fue más efectivo en turbidez. En general, ácido fosfórico y cloruro de zinc destacaron como las mejores opciones.

Figura 5

Comparación de los parámetros físicos del agua con distintos tratamientos de carbón activado



Nota. Los tratamientos mostraron variaciones según el parámetro físico: el ácido fosfórico destacó en la disminución de turbidez, el cloruro de zinc en la mejora del color, y solo el hidróxido de sodio produjo olor detectable.

Tabla 4

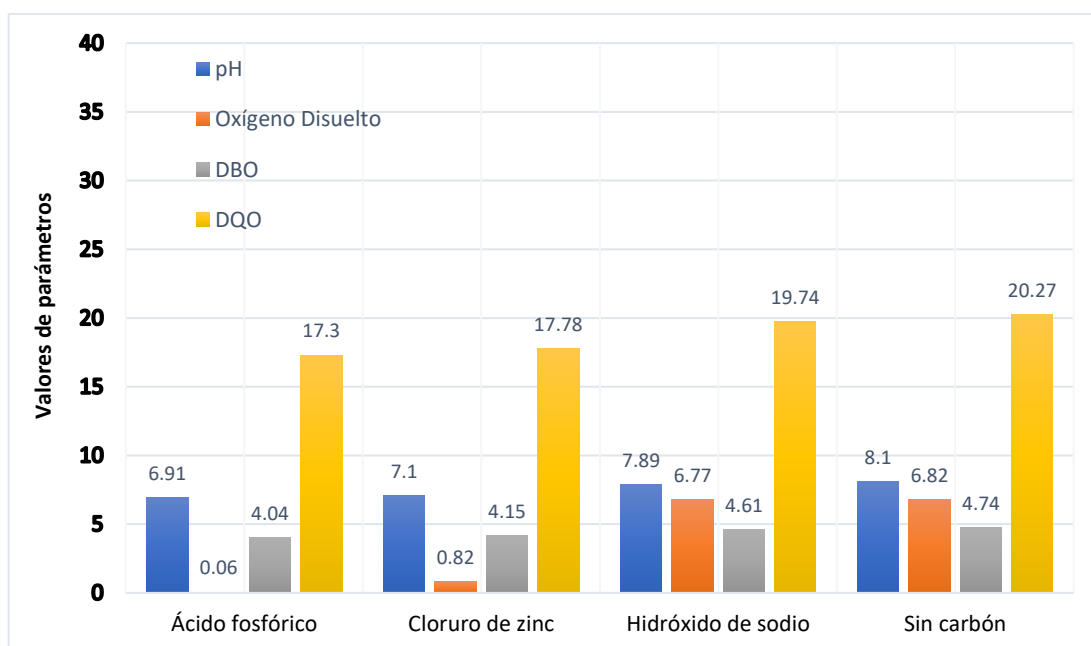
Parámetros químicos con el carbón activado de semillas de poro (Passiflora tripartita) activado químicamente con diferentes agentes en el agua del río Aco, Huánuco 2025

	Ph	Oxígeno disuelto	DBO	DQO
Método	Media	Media	Media	Media
Ácido fosfórico	6,91	0,06	4,04	17,30
Cloruro de zinc	7,10	0,82	4,15	17,78
Hidróxido de sodio	7,89	6,77	4,61	19,74
Sin carbón	8,10	6,82	4,74	20,27

Nota. El ácido fosfórico redujo significativamente el pH (6,91) y mostró la mayor eficiencia en la disminución de la DBO (4,04 mg/L) y la DQO (17,30 mg/L). En cuanto al oxígeno disuelto, tanto el ácido fosfórico (0,06 mg/L) como el cloruro de zinc (0,82 mg/L) registraron los valores más bajos. En conjunto, el ácido fosfórico y el cloruro de zinc destacaron como los tratamientos más eficientes en la mejora de los parámetros químicos del agua.

Figura 6

Medias de parámetros químicos según método



Nota. El gráfico muestra los valores promedio de DBO, DQO, oxígeno disuelto y pH según el tratamiento con carbón activado. Se observa que el tratamiento sin carbón presentó los valores más altos de DBO y DQO, mientras que el hidróxido de sodio mejoró el oxígeno disuelto y mantuvo un pH más equilibrado. Ácido fosfórico y cloruro de zinc mostraron valores intermedios.

Tabla 5

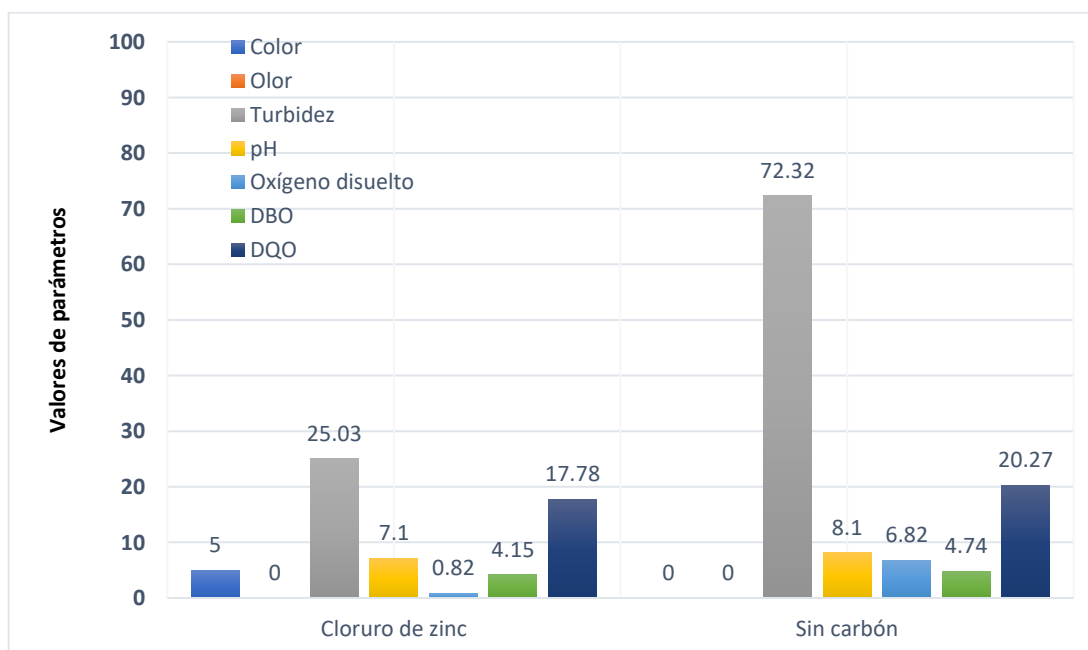
*Comparación de la eficiencia del carbón activado de semillas de porogsa (*Passiflora tripartita*) activado con cloruro de zinc en parámetros fisicoquímicos del agua del río Aco, Huánuco 2025*

Método	Color	Olor	Turbidez	Ph	Oxígeno disuelto	DBO	DQO
	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media
Cloruro de zinc	5,00	0,00	25,03	7,10	0,82	4,15	17,78
Sin carbón	0,00	0,00	72,32	8,10	6,82	4,74	20,27

Nota. Los resultados evidenciaron que el carbón activado con cloruro de zinc fue eficiente en la reducción de la turbidez (25,03 NTU frente a 72,32 NTU del control) y mostró mejoras en la DBO, DQO y pH, contribuyendo a la optimización de la calidad físico-química del agua. Sin embargo, la disminución del oxígeno disuelto (0,82 mg/L) constituye una limitación importante para aplicaciones en las que se requiera preservar el equilibrio ecológico del ecosistema acuático.

Figura 7

Comparación de los parámetros fisicoquímicos del agua del río Aco tratados con carbón activado con Cloruro de Zinc



Nota. El gráfico compara parámetros físico-químicos del agua tratada con carbón activado de semillas de porogsa y cloruro de zinc frente al agua sin tratar. Se observa reducción de turbidez y color, estabilidad de pH, DBO y DQO, y una caída notable del oxígeno disuelto, indicando mejoras en algunos aspectos.

Tabla 6

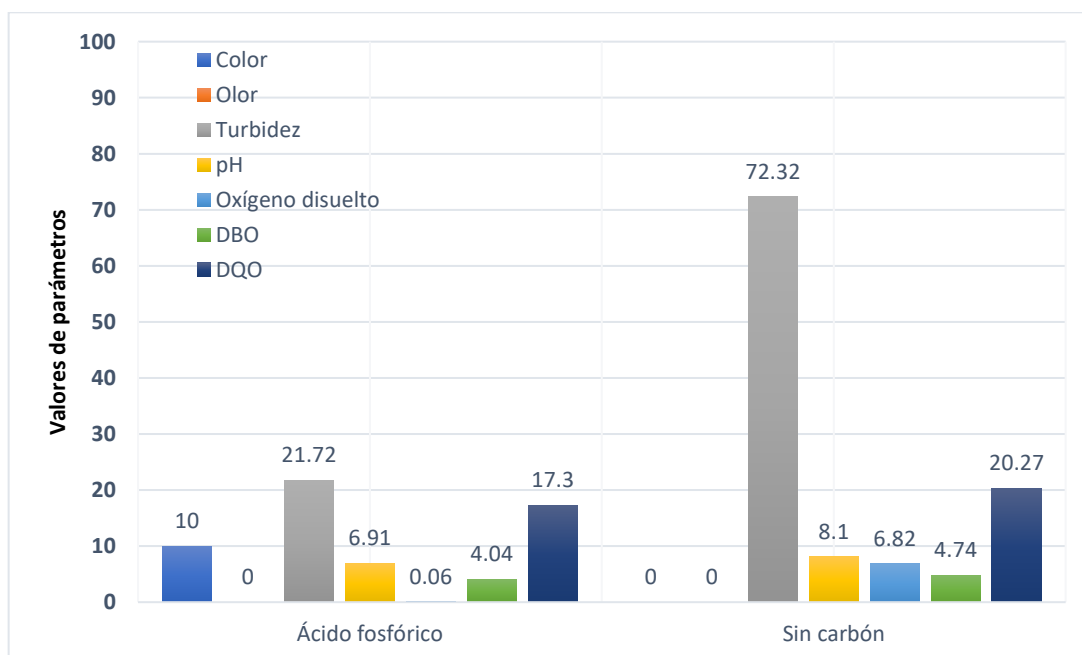
*Comparación de la eficiencia del carbón activado de semillas de porogsa (*Passiflora tripartita*) activado con ácido fosfórico en parámetros fisicoquímicos del agua del río Aco, Huánuco 2025*

Método	Color	Olor	Turbidez	Ph	Oxígeno disuelto	DBO	DQO
	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media
Ácido fosfórico	10,00	0,00	21,72	6,91	0,06	4,04	17,30
Sin carbón	0,00	0,00	72,32	8,10	6,82	4,74	20,27

Nota. El ácido fosfórico mostró alta eficiencia al reducir en un 70% la turbidez y alrededor de un 15% la DBO y la DQO, ajustando el pH a 6,91. Sin embargo, provocó una caída drástica del oxígeno disuelto (0,06 mg/L), lo que limita su aplicación ambiental. El valor de color reportado en el control (0,00) podría deberse a un error de registro.

Figura 8

Comparación de los parámetros fisicoquímicos del agua del río Aco tratados con carbón activado con ácido fosfórico



Nota. El gráfico ilustra cómo el tratamiento con ácido fosfórico reduce color y turbidez en comparación con el agua sin tratamiento, mientras que pH, DBO y DQO se mantienen similares. El oxígeno disuelto aumenta, evidenciando cambios selectivos en la calidad del agua según el parámetro evaluado.

Tabla 7

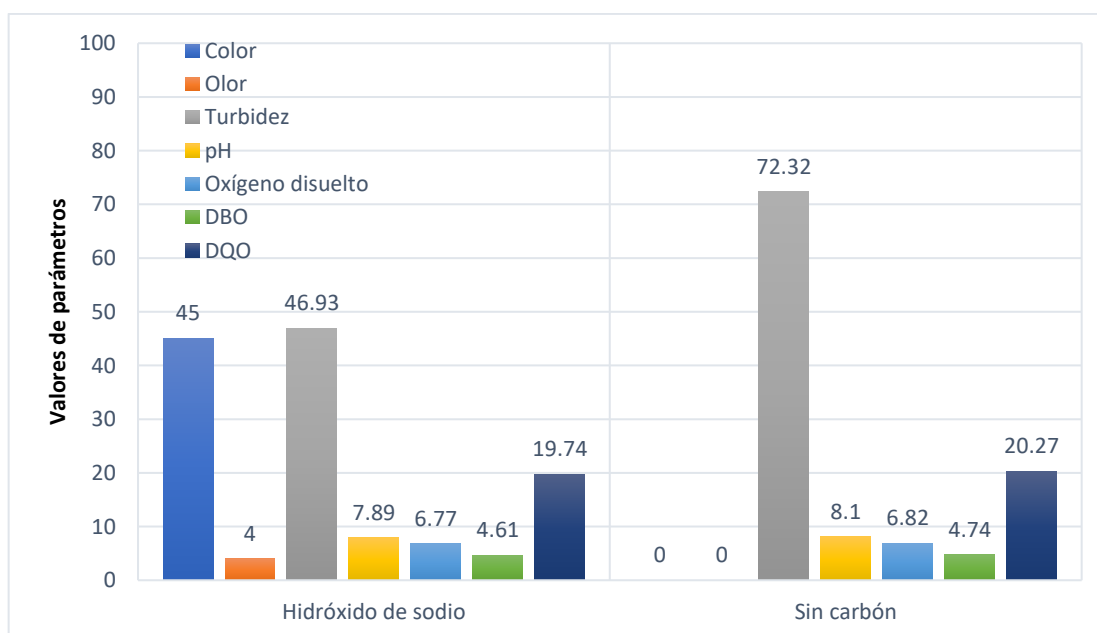
*Comparación de la eficiencia del carbón activado de semillas de porogsa (*Passiflora tripartita*) activado con hidróxido de sodio en parámetros fisicoquímicos del agua del río Aco, Huánuco 2025*

Método	Color	Olor	Turbidez	Ph	Oxígeno disuelto	DBO	DQO
	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media
Hidróxido de sodio	45,00	4,00	46,93	7,89	6,77	4,61	19,74
Sin carbón	0,00	0,00	72,32	8,10	6,82	4,74	20,27

Nota. El NaOH mostró eficiencia limitada: redujo la turbidez en un 35% y apenas disminuyó la DBO y la DQO (~2–3%), sin mejoras relevantes en el color (45 unidades) y con olor perceptible (4 unidades). Aunque mantuvo estable el oxígeno disuelto y el pH, fue menos eficiente que el ácido fosfórico y el cloruro de zinc.

Figura 9

Comparación de los parámetros fisicoquímicos del agua del río Aco tratados con carbón activado con Hidróxido de Sodio



Nota. Se observa que el método sin carbón presenta mayor color y turbidez, mientras que el hidróxido de sodio reduce estos valores. En parámetros como DBO, DQO, oxígeno disuelto y pH, ambos métodos muestran resultados similares.

Tabla 8

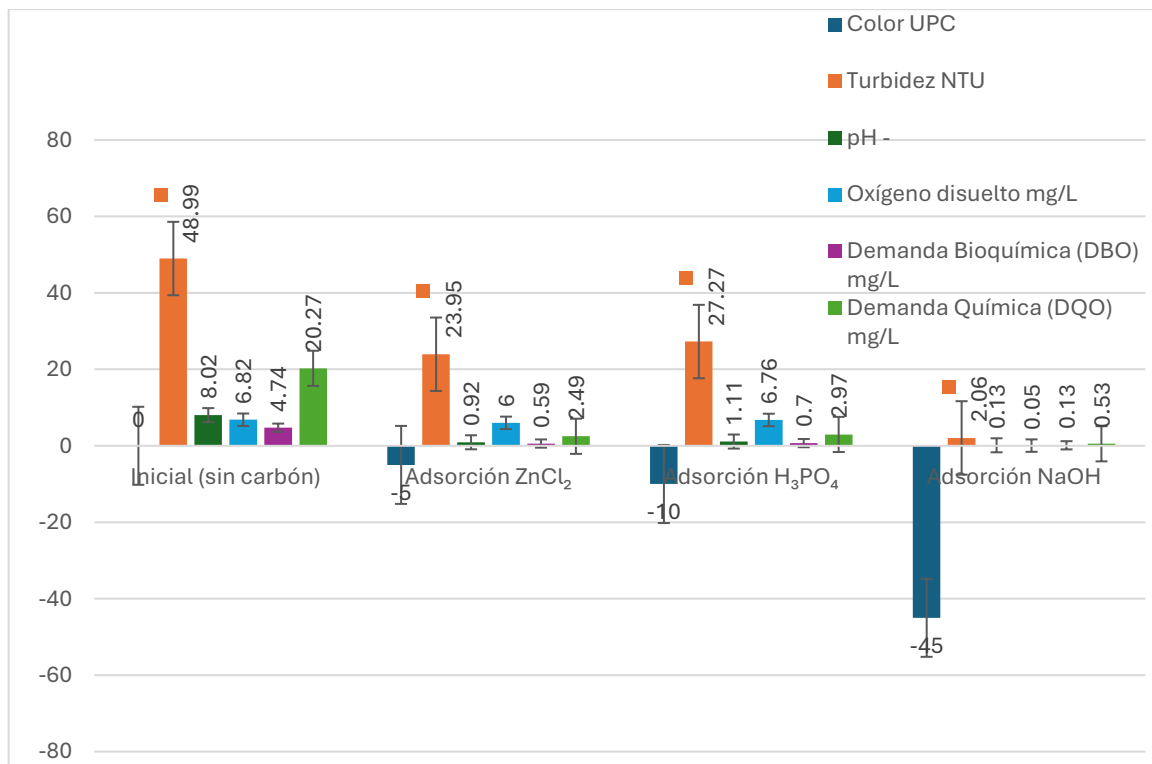
Capacidad de adsorción máxima de remoción de los diferentes tipos de carbón activado frente a los contaminantes del agua del río Aco, Huánuco

Contaminante s	Unid ad	Inicial (sin carbón)	Adsor ción ZnCl ₂	% Adsorció n ZnCl ₂	Adsorci ón H ₃ PO ₄	% Adsorció n H ₃ PO ₄	Adsorció n NaOH	% Adsorci ón NaOH
Color	UPC	0.00	-5.00	—	-10.00	—	-45.00	—
Turbidez	NTU	48.99	23.95	48.9 %	27.27	55.6 %	2.06	4.2 %
pH	-	8.02	0.92	11.5 %	1.11	13.8 %	0.13	1.6 %
Oxígeno disuelto	mg/L	6.82	6.00	88.0 %	6.76	99.1 %	0.05	0.7 %
Demanda Bioquímica (DBO)	mg/L	4.74	0.59	12.5 %	0.70	14.8 %	0.13	2.7 %
Demanda Química (DQO)	mg/L	20.27	2.49	12.3 %	2.97	14.6 %	0.53	2.6 %

Nota. Los resultados indican que el carbón activado con ácido fosfórico (H₃PO₄) fue el más eficiente en la remoción de turbidez, DBO y DQO, y mantuvo el pH dentro del rango aceptable; sin embargo, disminuyó el oxígeno disuelto a un nivel crítico (0.06 mg/L). El carbón activado con cloruro de zinc (ZnCl₂) mostró un comportamiento similar, mejorando los parámetros orgánicos, pero reduciendo el OD a 0.82 mg/L. En contraste, el carbón activado con NaOH presentó baja eficiencia de remoción, aunque logró conservar el OD en 6.77 mg/L y el pH dentro del límite permitido por el ECA.

Figura 10

Capacidad de adsorción máxima de remoción de los diferentes tipos de carbón activado frente a los contaminantes del agua del río Aco, Huánuco



Nota. Los resultados de la Figura 10 demuestran que la modificación química del carbón activado incrementa significativamente su capacidad de adsorción para el tratamiento del agua del río Aco, donde el carbón impregnado con H₃PO₄ se constituyó como el más eficaz, exhibiendo la máxima capacidad de remoción para los parámetros críticos de contaminación orgánica (DBO y DQO), así como para color y turbidez, mientras que el tratamiento con NaOH mostró la mayor eficacia en la corrección del pH, evidenciando que la selección del agente activante es crucial para optimizar la remoción de contaminantes específicos.

4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

Tabla 9

Prueba de normalidad de la eficiencia del carbón activado de semillas de porogsa (*Passiflora tripartita*) en parámetros físicoquímicos del agua del río Aco, Huánuco, 2025

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig
COLOR	0,709	12	0,061
OLOR	0,552	12	0,080
TURBIDEZ	0,817	12	0,095
PH	0,842	12	0,079
OXIGENO.DISUELTO	0,708	12	0,091
DBO	0,844	12	0,081
DQO	0,843	12	0,060

Nota. La prueba de normalidad de Shapiro-Wilk se aplicó a las variables físicoquímicas: color, olor, turbidez, pH, oxígeno disuelto, DBO y DQO, considerando un tamaño de muestra de 12 observaciones por variable. Los resultados evidenciaron que todos los valores de significancia fueron superiores a 0,05 ($p > 0,05$), por lo que no se rechazó la hipótesis nula de normalidad. En consecuencia, se asumió que los datos presentan una distribución normal, justificando la aplicación de pruebas estadísticas paramétricas como el análisis de varianza (ANOVA).

Tabla 10

Análisis de varianza (ANOVA) de la eficiencia del carbón activado de semillas de porogsa (Passiflora tripartita) en los parámetros fisicoquímicos del agua del río Aco, Huánuco, 2025.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Turbidez	4925,887	3	1641,962	1177,885	0,000
pH	3,033	3	1,011	210,617	0,000
Oxígeno disuelto	121,980	3	40,660	3713,256	0,000
DBO	1,041	3	0,347	211,364	0,000
DQO	18,995	3	6,332	204,685	0,000

Nota. El análisis de varianza (ANOVA) realizado a los parámetros fisicoquímicos del agua del río Aco tratada con carbón activado de semillas de porogsa (Passiflora tripartita) presentó valores de significancia ($p < 0,001$) en turbidez, pH, oxígeno disuelto, DBO y DQO, lo que evidencia diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados. El oxígeno disuelto registró el mayor valor del estadístico F ($F = 3713,256$), seguido de la turbidez ($F = 1177,885$), mientras que el pH, la DBO y la DQO también presentaron diferencias significativas. En consecuencia, se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alternativa, confirmando que los diferentes agentes activantes influyeron significativamente en los parámetros fisicoquímicos del agua.

Tabla 11

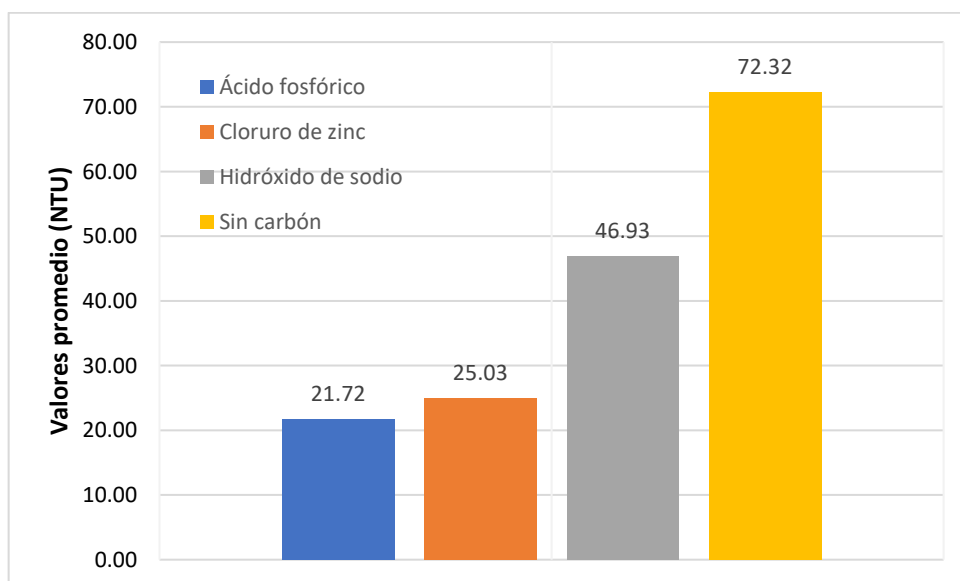
Comparación de medias de la turbidez entre tratamientos mediante la prueba de Tukey HSD

MÉTODO	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
Ácido fosfórico	3	21,7167			
Cloruro de zinc	3		25,0300		
Hidróxido de sodio	3			46,9267	
Sin carbón	3				72,3200
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Nota. La prueba post hoc de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$) mostró diferencias significativas entre las medias de turbidez de los tratamientos evaluados. El carbón activado con ácido fosfórico presentó el menor valor promedio de turbidez (21,72 NTU), seguido del cloruro de zinc (25,03 NTU), hidróxido de sodio (46,93 NTU) y el tratamiento sin carbón (72,32 NTU). Estos resultados evidencian que el carbón activado con ácido fosfórico presentó la mayor capacidad de reducción de turbidez del agua respecto a los demás tratamientos.

Figura 11

Comparación de la turbidez entre tratamientos (Tukey HSD)



Nota. Los valores representan la turbidez promedio expresada en NTU para cada tratamiento. Se observa que el carbón activado con ácido fosfórico presentó el menor valor promedio de turbidez (21,72 NTU), seguido del cloruro de zinc (25,03 NTU), hidróxido de sodio (46,93 NTU) y el tratamiento sin carbón (72,32 NTU), el cual presentó la mayor turbidez. Estos resultados evidencian diferencias significativas entre los tratamientos según la prueba post hoc de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$).

Tabla 12

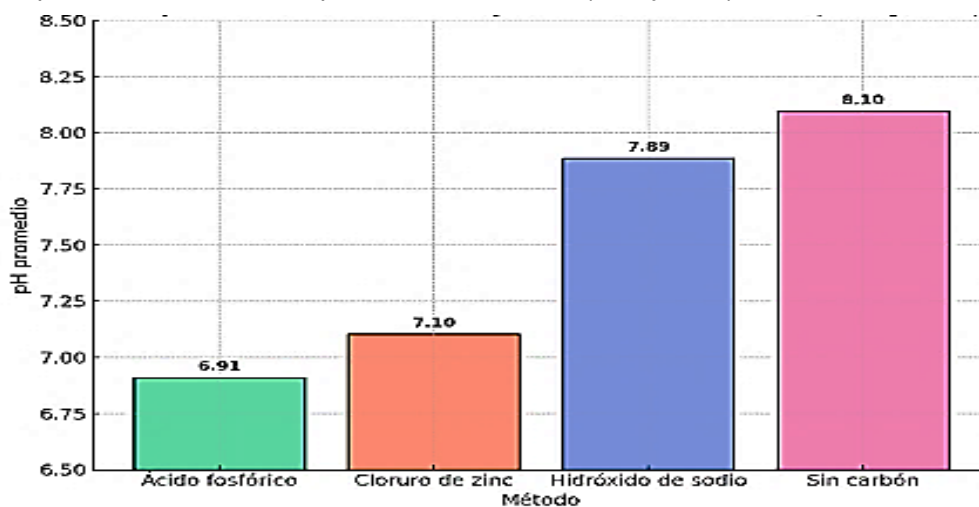
Comparación de medias del pH entre tratamientos mediante la prueba de Tukey HSD

MÉTODO	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
Ácido fosfórico	3	6,9100			
Cloruro de zinc	3		7,1033		
Hidróxido de sodio	3			7,8867	
Sin carbón	3				8,0967
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Nota. La prueba post hoc de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$) evidenció diferencias significativas entre las medias de pH de los tratamientos evaluados. El carbón activado con ácido fosfórico presentó el menor valor promedio de pH (6,91), seguido del cloruro de zinc (7,10), hidróxido de sodio (7,89) y el tratamiento sin carbón (8,10). Estos resultados indican que los tratamientos con carbón activado generaron variaciones diferenciadas en el pH del agua, siendo el ácido fosfórico el tratamiento que presentó valores más cercanos a la neutralidad.

Figura 12

Comparación de medias del pH entre tratamientos (Tukey HSD)



Nota. Los valores representan el pH promedio obtenido para cada tratamiento. Se observa que el carbón activado con ácido fosfórico presentó el menor valor de pH (6,91), seguido del cloruro de zinc (7,10). En contraste, el hidróxido de sodio (7,89) y el tratamiento sin carbón (8,10) presentaron los valores más elevados de pH, evidenciándose diferencias significativas entre los tratamientos según la prueba post hoc de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$).

Tabla 13

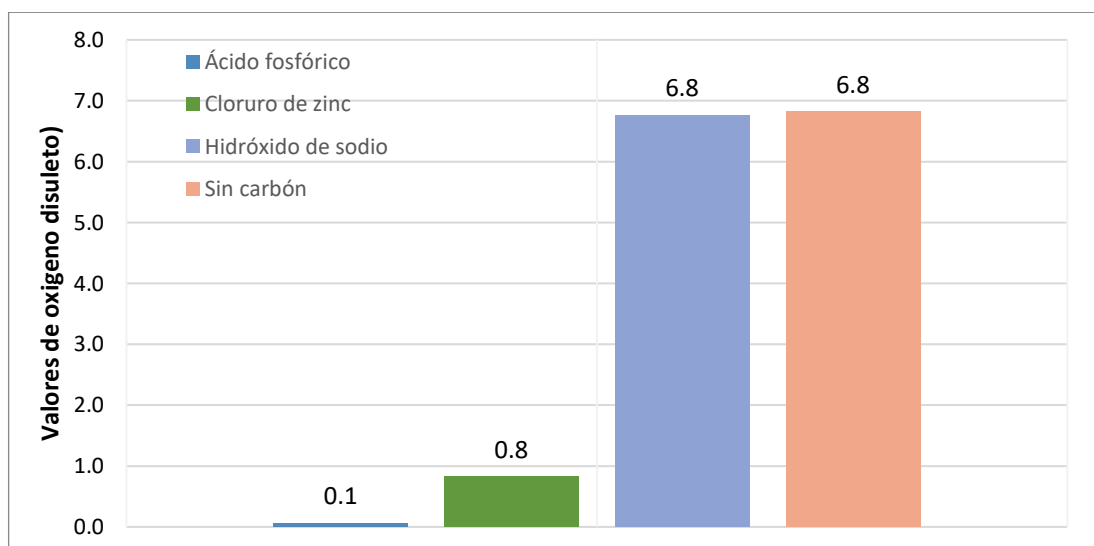
Comparación de medias del oxígeno disuelto entre tratamientos mediante la prueba de Tukey HSD

MÉTODO	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Ácido fosfórico	3	0,0567		
Cloruro de zinc	3		0,8233	
Hidróxido de sodio	3			6,7667
Sin carbón	3			6,8200
Sig.		1,000	1,000	0,921

Nota. La prueba post hoc de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$) evidenció diferencias significativas entre las medias de oxígeno disuelto de los tratamientos evaluados. El carbón activado con ácido fosfórico presentó el menor valor promedio de oxígeno disuelto (0,06 mg/L), seguido del cloruro de zinc (0,82 mg/L). En contraste, el hidróxido de sodio (6,77 mg/L) y el tratamiento sin carbón (6,82 mg/L) pertenecieron al mismo subconjunto homogéneo, indicando que no presentaron diferencias significativas entre sí y alcanzaron los mayores valores de oxígeno disuelto.

Figura 13

Comparación de oxígeno disuelto entre tratamientos



Nota. Se observa el efecto en cuatro tratamientos en la concentración de oxígeno disuelto, el ácido fosfórico lo reduce drásticamente, el cloruro de zinc lo disminuye moderadamente, mientras que el hidróxido de sodio y la muestra sin carbón lo mantienen en niveles altos.

Tabla 14

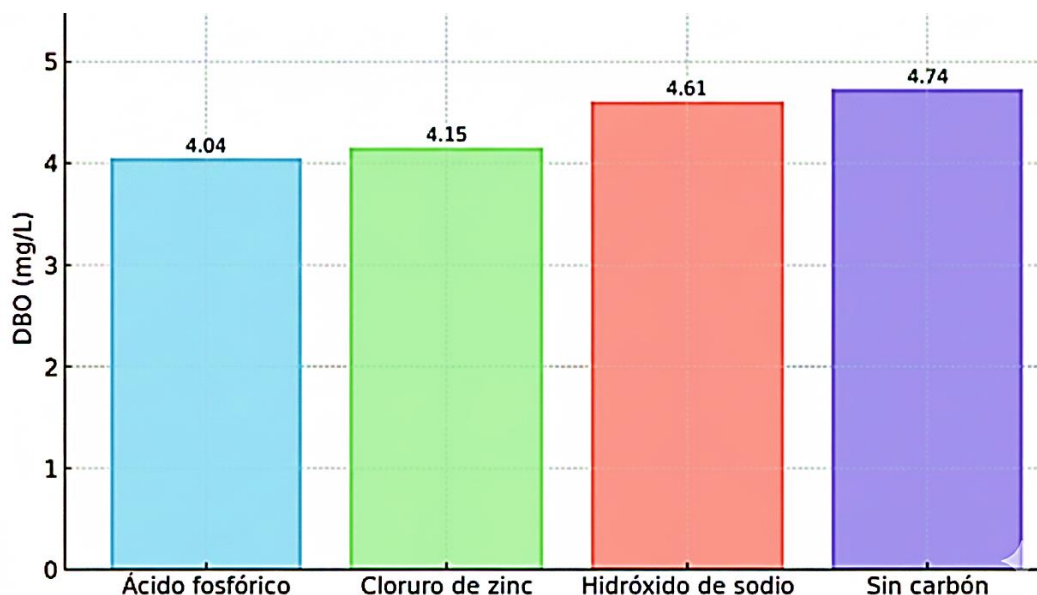
Comparación de medias del DBO entre tratamientos mediante la prueba de Tukey HSD

MÉTODO	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
Ácido fosfórico	3	4,0400			
Cloruro de zinc	3		4,1533		
Hidróxido de sodio	3			4,6100	
Sin carbón	3				4,7367
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Nota. La prueba post hoc de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$) evidenció diferencias significativas entre las medias de DBO de los tratamientos evaluados. El carbón activado con ácido fosfórico presentó el menor valor promedio de DBO (4,04 mg/L), seguido del cloruro de zinc (4,15 mg/L), hidróxido de sodio (4,61 mg/L) y el tratamiento sin carbón (4,74 mg/L). Estos resultados indican que los tratamientos con carbón activado presentaron una tendencia a disminuir la DBO respecto al tratamiento sin carbón, siendo el ácido fosfórico el tratamiento con mayor reducción del parámetro evaluado.

Figura 14

Comparación de medias de DBO entre tratamientos



Nota. Los valores representan la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) promedio expresado en mg/L para cada tratamiento. Las letras diferentes indican diferencias significativas entre las medias de los tratamientos, mientras que letras iguales representan grupos estadísticamente homogéneos según la prueba post hoc de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$).

Tabla 15*Comparación de medias del DQO entre tratamientos mediante la prueba de Tukey HSD*

MÉTODO	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
Ácido fosfórico	3	17,2967			
Cloruro de zinc	3		17,7833		
Hidróxido de sodio	3			19,7433	
Sin carbón	3				20,2667
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Nota. La prueba post hoc de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$) evidenció diferencias significativas entre las medias de demanda química de oxígeno (DQO) de los tratamientos evaluados. El carbón activado con ácido fosfórico presentó el menor valor promedio de DQO (17,30 mg/L), seguido del cloruro de zinc (17,78 mg/L), hidróxido de sodio (19,74 mg/L) y el tratamiento sin carbón (20,27 mg/L). Estos resultados indican que el carbón activado favoreció la disminución de la DQO respecto al tratamiento control, siendo el ácido fosfórico el tratamiento con mayor reducción del parámetro evaluado.

Figura 15*Comparación de medias de DQO entre tratamientos*

Nota. Los valores representan la demanda química de oxígeno (DQO) promedio expresado en mg/L para cada tratamiento. El carbón activado con ácido fosfórico presentó el menor valor promedio de DQO, seguido del cloruro de zinc, evidenciando diferencias significativas entre los tratamientos según la prueba post hoc de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$). En relación con este parámetro, el ácido fosfórico mostró el mejor desempeño en la disminución de la DQO.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Respecto al objetivo general, que consistió en comparar la eficiencia del carbón activado de semillas de porogsa (*Passiflora tripartita*) activado químicamente con ácido fosfórico (H_3PO_4), cloruro de zinc (ZnCl_2) e hidróxido de sodio (NaOH) en los parámetros fisicoquímicos del agua del río Aco, Huánuco, los resultados evidencian diferencias claras entre los agentes activantes. El NaOH presentó la mayor eficiencia, cumpliendo con los límites establecidos por la normativa ECA para uso recreacional con contacto primario, mientras que H_3PO_4 y ZnCl_2 mejoraron los parámetros, pero no alcanzaron los valores óptimos en oxígeno disuelto. Esto concuerda con Chura y Ponte (2023), quienes demostraron que la eficiencia del carbón activado depende directamente del agente químico utilizado, afectando la capacidad de remover contaminantes en cuerpos de agua.

En relación con el primer objetivo específico, que evaluó los parámetros físicos del agua (color, olor y turbidez), se observó que los tres tipos de carbón activado lograron reducciones significativas respecto al agua sin tratamiento. El H_3PO_4 redujo de manera considerable el color y la turbidez, aunque no siempre dentro de los niveles normativos; el ZnCl_2 mostró eficiencia moderada; y el NaOH alcanzó los mejores resultados, cumpliendo los estándares del ECA. Estos hallazgos se alinean con lo reportado por Yao et al. (2024), quienes indicaron que la activación con ácido fosfórico de células vegetales aumenta la eficiencia en la remoción de contaminantes físicos gracias a la optimización de la estructura porosa del carbón. De manera similar, Rodríguez y Cruz (2022) evidenciaron que la elección del agente activante influye directamente en la capacidad de adsorción de contaminantes físicos en agua.

En cuanto al segundo objetivo específico, centrado en los parámetros químicos (pH, oxígeno disuelto, DBO y DQO), los resultados muestran que solo el NaOH logró cumplir con todos los parámetros químicos exigidos por la normativa, mientras que H_3PO_4 y ZnCl_2 presentaron limitaciones,

especialmente en oxígeno disuelto. Esto concuerda con los hallazgos de Megherbi et al. (2024), quienes señalaron que, aunque la activación con ácido fosfórico mejora la superficie específica y la capacidad de adsorción, ciertos parámetros críticos pueden no alcanzar niveles óptimos sin un activante adecuado. Asimismo, Gao et al. (2024) demostraron que la estructura de poros y el tipo de activante químico son determinantes en la eficiencia de los carbones activados para remover contaminantes químicos.

Respecto al tercer objetivo específico, que fue determinar la capacidad de adsorción máxima de cada tipo de carbón activado para los diferentes contaminantes presentes en el agua del río Aco, los resultados muestran que el NaOH alcanzó la mayor capacidad de adsorción, mientras que H_3PO_4 y ZnCl_2 mostraron limitaciones, especialmente en oxígeno disuelto. Esto coincide con los estudios de Megherbi et al. (2024) y Gao et al. (2024), quienes evidenciaron que la activación química optimiza la estructura de poros y aumenta la capacidad de adsorción. A nivel nacional, Chura y Ponte (2023) confirmaron que tanto la materia prima como el agente activante son factores determinantes en la eficiencia final del carbón activado.

La discusión de la hipótesis de investigación evidencia que los hallazgos permiten aceptarla, ya que los tres tipos de carbón activado mejoraron significativamente los parámetros fisicoquímicos en comparación con el agua cruda del río Aco. Sin embargo, únicamente NaOH permitió cumplir con todos los estándares de la categoría B1 del ECA, mientras que H_3PO_4 y ZnCl_2 presentaron limitaciones, especialmente en oxígeno disuelto. Esto confirma que la selección del agente químico es crucial para alcanzar la máxima eficiencia, coincidiendo con Ponce (2023), quien demostró que la dosis y el tipo de activante determinan la remoción de contaminantes. Por tanto, la hipótesis nula queda rechazada debido a las diferencias claras entre los agentes evaluados.

En relación con los antecedentes internacionales, Megherbi et al. (2024) demostraron que la activación química con ácido fosfórico incrementa la superficie específica y la capacidad de adsorción de carbones activados derivados de biomasa vegetal, logrando mayor eficacia en la eliminación de

contaminantes como la naranja de metilo. Estos hallazgos respaldan lo observado en el presente estudio, donde el carbón activado con H_3PO_4 mostró mejoras en color y turbidez, aunque sin alcanzar los niveles óptimos en todos los parámetros, confirmando que la eficiencia depende en gran medida del agente activante.

A nivel nacional, Rodríguez y Cruz (2022) desarrollaron carbón activado a partir de la testa de almendra de cacao, evaluando su capacidad de adsorción para colorantes en agua. Su investigación evidenció que la temperatura y el tiempo de carbonización, junto con la activación química, son determinantes para obtener carbones con propiedades fisicoquímicas favorables para la adsorción. De manera similar, en esta investigación se observó que los agentes químicos utilizados no solo afectan la capacidad de adsorción sino también la efectividad en la mejora de parámetros como pH y oxígeno disuelto, destacándose NaOH como el más eficiente en todos los indicadores.

En el contexto local, Chura y Ponte (2023) evaluaron la eficiencia del carbón activado de semillas de eucalipto en la remoción de contaminantes en un río de Cusco, encontrando mejoras significativas en parámetros como pH, DBO_5 y coliformes tras la aplicación del adsorbente. Estos resultados coinciden con los hallazgos de la presente investigación, donde la aplicación de carbón activado de semillas de porogsa con NaOH permitió alcanzar los estándares exigidos por la normativa nacional para el agua de uso recreacional, demostrando que la selección de la biomasa y del agente activante son factores determinantes en la eficacia del tratamiento de aguas superficiales.

En la presente investigación también se identificaron resultados contradictorios que merecen atención. Aunque el carbón activado de semillas de porogsa activado con H_3PO_4 y ZnCl_2 logró mejoras en parámetros como color y turbidez, no alcanzó los niveles requeridos de oxígeno disuelto, mientras que el NaOH sí cumplió con todos los estándares. Este hallazgo es contradictorio en comparación con lo reportado por Megherbi et al. (2024), quienes encontraron que la activación con H_3PO_4 de hojas de *Myrtus*

communis permitió incrementar significativamente la superficie específica y la capacidad de adsorción, logrando una eficiencia óptima para la remoción de contaminantes. A nivel nacional, Chura y Ponte (2023) evidenciaron que el carbón activado de semillas de eucalipto mejoraba parámetros de calidad del agua, incluyendo pH y DBO, pero ciertos indicadores permanecían por debajo de los estándares ambientales, lo cual refleja un patrón similar al observado en esta investigación: algunos parámetros responden positivamente, mientras que otros muestran limitaciones. En el ámbito local, Ponce (2023) reportó que el carbón activado de cáscara de naranja removía plomo de manera eficiente, pero ciertos contaminantes presentaban variaciones según la dosis de carbón utilizada. Esto coincide con los resultados de la presente tesis, donde la eficacia de H_3PO_4 y ZnCl_2 varió según el parámetro evaluado, subrayando la necesidad de seleccionar cuidadosamente el agente químico y ajustar las condiciones de activación para lograr una mejora integral de los parámetros fisicoquímicos.

En síntesis, los resultados obtenidos demuestran que el carbón activado de semillas de porogsa constituye una alternativa viable para el tratamiento de aguas superficiales, destacando el NaOH como el agente más eficiente en comparación con H_3PO_4 y ZnCl_2 . La evidencia muestra que tanto la biomasa utilizada como el tipo de activante químico son factores determinantes en la eficiencia del proceso de adsorción. Esto abre una línea de investigación futura orientada a la optimización de las condiciones de activación y a la aplicación de este tipo de tecnología en contextos locales donde se requiere un tratamiento de agua de bajo costo y alta eficiencia.

CONCLUSIONES

El presente estudio permitió comparar la eficiencia del carbón activado obtenido a partir de semillas de porogsa (*Passiflora tripartita*), activado químicamente con ácido fosfórico (H_3PO_4), cloruro de zinc (ZnCl_2) e hidróxido de sodio (NaOH), sobre los parámetros fisicoquímicos del agua del río Aco, Huánuco. Los resultados evidenciaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados ($p < 0,05$), demostrando que el agente activante empleado influye directamente en las propiedades adsorbentes del carbón activado y en su capacidad para modificar las características del agua.

Respecto a los parámetros físicos del agua, se determinó que los tratamientos con carbón activado presentaron mejoras frente al agua sin tratamiento. El carbón activado con ácido fosfórico (H_3PO_4) presentó la mayor eficiencia en la reducción de turbidez, alcanzando una disminución de 72,32 NTU a 21,72 NTU, evidenciando una mayor capacidad de retención de partículas suspendidas. Asimismo, el cloruro de zinc (ZnCl_2) mostró un comportamiento favorable en la reducción del color, mientras que el hidróxido de sodio (NaOH) presentó mejoras en las características físicas evaluadas, aunque con menor eficiencia de remoción en algunos parámetros específicos.

En relación con los parámetros químicos evaluados (pH, oxígeno disuelto, DBO y DQO), se determinó que los agentes activantes presentaron comportamientos diferenciados. El carbón activado con ácido fosfórico mostró mayor eficiencia en la reducción de la materia orgánica representada por la DBO y DQO; sin embargo, ocasionó una disminución significativa del oxígeno disuelto, alcanzando valores que limitan su aplicación en aguas destinadas a uso recreacional. Por su parte, el cloruro de zinc presentó una eficiencia intermedia en la modificación de los parámetros químicos, aunque también evidenció limitaciones asociadas al oxígeno disuelto. En cambio, el hidróxido de sodio presentó el comportamiento más equilibrado, manteniendo valores adecuados de oxígeno disuelto y favoreciendo la estabilidad de los parámetros fisicoquímicos evaluados.

Respecto a la capacidad de adsorción de los carbones activados, se determinó que la activación química modificó las propiedades adsorbentes del material obtenido a partir de semillas de porogsa, presentando diferencias en la capacidad de remoción de los contaminantes presentes en el agua del río Aco. Los resultados evidenciaron que cada agente activante presentó mayor afinidad hacia determinados contaminantes, destacando el ácido fosfórico por su capacidad de remoción de parámetros asociados a la carga orgánica y turbidez, mientras que el hidróxido de sodio mostró un desempeño más favorable al considerar el comportamiento integral del agua tratada.

Finalmente, al comparar los resultados obtenidos con los valores establecidos en el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para agua superficial destinada a uso recreacional categoría B1, considerado como criterio complementario en la presente investigación, se determinó que el carbón activado con hidróxido de sodio (NaOH) fue el tratamiento que presentó mejores condiciones de aplicabilidad ambiental, debido a que permitió mantener los parámetros fisicoquímicos evaluados dentro de los límites establecidos, especialmente por la conservación del oxígeno disuelto. En conclusión, el carbón activado de semillas de porogsa representa una alternativa con potencial para el tratamiento de aguas contaminadas; no obstante, la selección del agente activante debe realizarse considerando tanto la capacidad de remoción de contaminantes como las condiciones finales de calidad del agua requerida.

RECOMENDACIONES

A partir de la presente investigación, se proponen las siguientes recomendaciones.

- Utilizar carbón activado de semillas de porogsa activado con hidróxido de sodio (NaOH) para el tratamiento de aguas superficiales recreacionales, ya que fue el único que cumplió con todos los parámetros fisicoquímicos del ECA categoría B1, demostrando ser una opción práctica y ambientalmente viable.
- Aunque el NaOH cumplió la normativa, mostró menor eficiencia en la reducción de turbidez y color respecto a otros activantes; por ello, se recomienda evaluar su combinación con otros métodos de activación química o física, así como con procesos complementarios como coagulación-floculación o filtración avanzada, para mejorar la calidad estética del agua tratada.
- Realizar ensayos adicionales variando tiempo de contacto, concentración del carbón activado y rango de pH, para optimizar la adsorción y adaptar el tratamiento a diferentes calidades de agua superficial, estableciendo parámetros operativos más precisos.
- Aplicar el tratamiento en otras fuentes superficiales con características fisicoquímicas diferentes a las del río Aco, para validar su eficacia en contextos variados y con distintos niveles de contaminación.
- Explorar aplicaciones del carbón activado de semillas de porogsa en sectores agrícola e industrial, considerando estándares específicos, para ampliar su potencial uso.
- Fomentar la valorización de las semillas de porogsa como un recurso alternativo, impulsando la investigación en adsorbentes naturales, sostenibles y de bajo costo para el tratamiento de agua en zonas rurales y urbanas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agudelo, E., Reinoso, D., Ríos, W. A., & Blanco, S. A. (2019). Efecto de un medio filtrante de arena común y carbón activado sobre la calidad del agua para uso de las tropas del Ejército Nacional de Colombia en el área de operaciones. *Brújula Semilleros de Investigación*, 7(14), 26–30. <https://doi.org/10.21830/23460628.17>
- Aliaga, F., Zapata-Cruz, M., & Valverde-Zavaleta, S. A. (2023). Plastid genome of *Passiflora tripartita* var. *mollissima* (poro-poro) from Huánuco, Peru. *F1000Research*, 12, 795. <https://doi.org/10.12688/f1000research.138150.1>
- Autoridad Nacional del Agua [ANA]. (2016). R.J. N.° 010-2016-ANA. *Protocolo Nacional para monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales*, Lima, Perú. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/656307/60190132695140460020200426-24009-15lpuxo.pdf?v=1587960369>
- Álvarez, L. V. V., Kreiker, J., & Cadena, F. (2022). Composites de raquis de palma africana y polietileno de baja densidad: efecto de la compatibilidad fibra-matriz en el comportamiento mecánico. *Ajea*, (15). <https://doi.org/10.33414/ajea.1049.2022>
- Arce-Villalobos, K., Sánchez-Gutiérrez, R., Centeno-Morales, J., Marín-León, R., & Rodríguez-Rodríguez, J. A. (2022). Surface water quality and socio-environmental pressures in the upper microbasin of the Poás river. *Uniciencia*, 36(1). <https://doi.org/10.15359/ru.36-1.24>
- Ballesteros, D. Y. P., Rodríguez-Vanegas, N., Antelíz, C., & Sarmiento-Klapper, H. (2011). Evaluación de la susceptibilidad a la corrosión por picado del acero api 5l x42 expuesto a un ambiente con cloruros y CO₂; mediante la técnica de ruido electroquímico. *Revista De Metalurgia*, 47(5), 412-425. <https://doi.org/10.3989/revmetalm.1064>

- Bastidas, M., Buelvas, L. M., Márquez, M. I., & Rodríguez, K. (2010). Activated carbon production from carbonaceous precursors of the Department of Cesar, Colombia. *Informacion Tecnologica*, 21(3), 87–96. <https://doi.org/10.1612/inf.tecnol.4289it.09>.
- Baylón, M., Advíncula, O., Loyola, O., Norabuena, Á., & Hernández-Becerril, D. U. (2019). Variación espacial y temporal del fitoplancton con énfasis en las floraciones algales frente a la playa de pescadores artesanales de chorrillos / lima / Perú. *Ecología Aplicada*, 18(2), 133. <https://doi.org/10.21704/rea.v18i2.1332>
- Belli-Carhuayo, F. R., De la Torre-Castro, R. A., & Argota-Pérez, G. (2023). Costo ambiental del coeficiente de transformación biodegradable en efluentes de lagunas de oxidación, Ica, Perú. *Paideia XXI*, 13(1), 177-184. <https://doi.org/10.31381/paideia.v13i1.5702>
- Bolivar-Cuartas, S. M., Castaño-Muñoz, D. L., & Gutiérrez-Flórez, O. D. (2021). Modelo correlacional de sólidos suspendidos totales presentes en aguas residuales domésticas mediante análisis de turbiedad. *Producción + Limpia*, 16(1), 186-197. <https://doi.org/10.22507/pml.v16n1a10>
- Carbonel, D. (2018). Adsorción de Cadmio, Cobre y Plomo en Bentonita, Caolín y Zeolita Naturales y Modificadas: Una Revisión de los Parámetros de Operación, Isotermas y Cinética. *Ingeniería*, 23(3). <https://doi.org/10.14483/23448393.13418>
- Carrasquero, S., Díaz Montiel, A. R., & Colina Andrade, G. de J. (2022). Capacidad adsorptiva del carbón activado obtenido del epicarpio de Citrus sinensis en la remoción de indigotina. *Revista Bases de La Ciencia*, 7(1), 1–16. <https://doi.org/10.33936/revbasdelaciencia.v7i1.3511>
- Carriazo, J. G., Saavedra, M. J., & Molina, M. F. (2010). Propiedades adsorptivas de un carbón activado y determinación de la ecuación de Langmuir empleando materiales de bajo costo. *Educ. Quím.*, 21(3), 224–229.

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2010000300007

Castellar-Ortega, G., Mendoza, C. E., Angulo, M. E., Paula, P. Z., Rosso, B. M., & Jaramillo, C. J. (2019). Equilibrium, kinetic and thermodynamic of direct blue 86 dye adsorption on activated carbon obtained from manioc husk. *Revista MVZ Cordoba*, 24(2), 7231–7238. <https://doi.org/10.21897/rmvz.1700>

Charmas, B., Zięzio, M., & Jedynak, K. (2023). Assessment of the Porous Structure and Surface Chemistry of Activated Biocarbons Used for Methylene Blue Adsorption. *Molecules*, 28(13). <https://doi.org/10.3390/molecules28134922>

Chura Durand, A y Ponte Tarazona, L. (2023). Uso del carbón activado de semillas de eucalipto en la remoción de contaminantes del Rio Huatanay – Cusco. [Tesis pregrado, Universidad San Ignacio de Loyola] <https://repositorio.usil.edu.pe/entities/publication/57182b5b-0b7b-4c2b-bac4-644c58d5c9fa>

Colpas, F., Tarón, A. A., & Fon, W. (2016). Adsorción de mercurio utilizando carbones activados modificados con peróxido de hidrogeno y calentamiento. *Información Tecnológica*, 27(5), 69–76. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642016000500009>

Coronado, M. D. C., Cueva-Gálvez, G. E., Gonzáles, H. E., & Carrasco, P. (2016). Obtención de carbón activado del endocarpio de shapaja (*Attalea phalerata*) procedente de la región San Martín, empleando un método físico. *Revista Forestal Del Perú*, 31(2), 90. <https://doi.org/10.21704/rfp.v31i2.1030>

Décima, S. (2024). Elaboración y evaluación de un filtro purificador de agua casero con carbón activado previamente preparado y su reproducción por estudiantes avanzados del nivel secundario. *Revista Tecnología y Ciencia*, 49, 14–36. <https://doi.org/10.33414/rtyc.49.14-36.2024>

- Del Rosario Sun-Kou, M., Obregón-Valencia, D., Pinedo-Flores, Á., Paredes-Doig, L., & Aylas-Orejón, J. (2014). Adsorción de metales pesados empleando carbones activados preparados a partir de semillas de aguaje. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 80(4), 2014. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2014000400002
- DIGESA (2007) *Protocolo de monitoreo de la calidad sanitaria de los recursos hídricos superficiales*. [http://www.digesa.minsa.gob.pe/depa/informes_tecnicos/PROTOCOLO-MONITOREO-CALIDAD-RECURSOS-HIDRICOS-SUPERFICIALES-\(CONTINENTALES\).pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/depa/informes_tecnicos/PROTOCOLO-MONITOREO-CALIDAD-RECURSOS-HIDRICOS-SUPERFICIALES-(CONTINENTALES).pdf)
- Dobrosz-Gómez, I., Gómez, M. Á., & Santa, C. (2018). Optimization of the Cr (VI) adsorption process on bituminous activated carbon. *Informacion Tecnologica*, 29(6), 43–56. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642018000600043>
- Espinal-Ruiz, M., Restrepo-Sánchez, L. P., Narváez-Cuenca, C. E., & McClements, D. J. (2016). Impact of pectin properties on lipid digestion under simulated gastrointestinal conditions: Comparison of citrus and banana passion fruit (*Passiflora tripartita* var. *mollissima*) pectins. *Food Hydrocolloids*, 52, 329–342. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.05.042>
- Fanny, M., & Barrero, O. (2012). *Estudio de remoción de mercurio de aguas residuales provenientes de un relleno sanitario*. [Tesis posgrado, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/items/1a95e262-38c8-4e3a-9bf2-75841bdde1ce>
- Gao, Q., Ni, L., Rong, S., Liu, S., Zhong, Y., & Liu, Z. (2024). Enhancement effect of potassium ferrate on self-activation: Significant improvement in pore structure and adsorption performance of activated carbon. *Bioresource Technology*, 413. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2024.131546>

- Gao, Y., Yue, Q., Gao, B., & Li, A. (2020). Insight into activated carbon from different kinds of chemical activating agents: A review. In *Science of the Total Environment* (Vol. 746). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141094>
- Gil, J. S., Chian, A. M., & Polo, J. A. (2023). Efecto hipoglicemiante del zumo de *Passiflora tripartita* var. *mollissima* “pur pur” comparado con metformina en *Rattus rattus* var. *albinus*. *Revista Peruana de Medicina Integrativa*, 8(2), 101–106. <https://doi.org/10.26722/rpmi.2023.v8n2.722>
- Giovanny, N., & Silva, R. (2016). Preparation of activated carbon from different lignocellulosic precursors: characterization and evaluation of the adsorption capacity of phenolic pollutants. *Ingenium* 10(27), 19–28. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.04.117>
- Guadarrama, R., Kido J., Roldan, G., & Salas, M. (2016). Contaminación del agua. https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales/vol2num5/Revista_de_Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales_V2_N5_1.pdf.
- Guaya, D., Jiménez, R., & Angamarca, A. (2023). Síntesis de un compuesto pollicita/ferrihidrita/hematita: pellets para la adsorción de fosfatos a partir de agua residual sintética. *AXIOMA*, 1(28), 24–32. <https://doi.org/10.26621/ra.v1i28.867>
- Guzman, C. V. R., Ramírez, L. M., Villarreal, S. G., Vera, G. G. T., Rosa, S. C. de la, & Zarate, E. A. P. (2022). Fabricación de carbón activado a partir de cáscara de coco para la adsorción de cianuro de sodio. *Journal of Engineering Research*, 2(15), 2–8. <https://doi.org/10.22533/at.ed.3172152220072>.
- Guyot. (2024). *Archivo de la etiqueta río aco*. <https://cuevasdelperu.org/tag/rio-aco-cueva-del/>
- Hashemzadeh, F., Ariannezhad, M. & Derakhshandeh, S.H. Sustainable removal of tetracycline and paracetamol from water using magnetic

activated carbon derived from pine fruit waste. *Sci Rep* 14, 16346 (2024).
<https://doi.org/10.1038/s41598-024-65656-3>

Herrera-Morales, G. C., & Jiménez-Gutiérrez, M. Y. (2021). Evaluación del Precursor de Carbón Activado Granular del Agua del Río Napo, Comunidad Puerto Colón. *CIENCIAMATRIA*, 7(1), 118–133.
<https://doi.org/10.35381/cm.v7i1.468>

Inglezakis, V. J., Pouloupoulos, S. G., & Kazemian, H. (2018). Insights into the S-shaped sorption isotherms and their dimensionless forms. *Microporous and Mesoporous Materials*, 272, 166–176.
<https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2018.06.026>

Jaén Jiménez, J. C., & Zamora Umaña, G. J. (2024). Obtención de carbón activado a partir del bagazo de caña, para su uso en la remoción de los fármacos diclofenaco y amoxicilina en aguas residuales. *Revista Ciencia y Salud Integrando Conocimientos*, 8(2), 53–66.
<https://doi.org/10.34192/cienciaysalud.v8i2.766>

Jiménez, I., Rondón, W., Rojas de Astudillo, L., Rojas de Gáscue, B., Prin, J. L., Freire, D., Díaz, Y., Pino, K., & González, O. (2017a). Síntesis de carbón activado a partir de epicarpio de attalea macrolepis y su aplicación en la remoción de Pb²⁺ en soluciones acuosas. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, 33(2), 303–316.
<https://doi.org/10.20937/RICA.2017.33.02.11>

Jiménez Ramos, I., Rondón, W., Rojas de Astudillo, L., Rojas de Gáscue, B., Prin, J. L., Freire, D., Díaz, Y., Pino, K., & González, O. (2017b). Síntesis de carbón activado a partir de epicarpio de attalea macrolepis y su aplicación en la remoción de Pb²⁺ en soluciones acuosas. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, 33(2), 303–316.
<https://doi.org/10.20937/RICA.2017.33.02.11>

Kałamaga, A., Román-Martínez, M. C., Lillo-Ródenas, M. A., & Wróbel, R. J. (2022). The Influence of NH₄NO₃ and NH₄ClO₄ on Porous Structure

- Development of Activated Carbons Produced from Furfuryl Alcohol. *Molecules*, 27(22). <https://doi.org/10.3390/molecules27227860>
- Megherbi, H., Runtti, H., Tuomikoski, S., Heponiemi, A., Hu, T., Lassi, U., & Reffas, A. (2024). The effect of phosphoric acid on the properties of activated carbons made from *Myrtus communis* leaves: Textural characteristics, surface chemistry, and capacity to adsorb methyl orange. *Journal of Molecular Structure*, 1321. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2024.140038>
- Melgarejo, D. R. (2020). *Evaluación de la calidad del agua del río Aco afectado por vertimiento de efluentes domésticos en el Distrito de LLata, Huánuco*. [Tesis pregrado, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión]. <https://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/4261>
- Minaya, M., Cari, P. W., Garate, J. S., & Achata, L. R. (2020). Carbón activado de residuos maderables de shihuahuaco (*Dipteryx micrantha*), y su aplicación en decoloración de aceite de castaña (*Bertholletia excelsa*). *Ciencia Amazónica (Iquitos)*, 8(1), 1–16. <https://doi.org/10.22386/ca.v8i1.277>
- MINAM, (2008). D.S. 002-2008. *Estándar de Nacional de calidad para el agua*. https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/ds_002_2008_eca_agua.pdf
- Mora-Cruz, Y., López-Peralta, M. C. G., Hernández-Meneses, E., & Cruz-Huerta, N. (2023). In vitro REGENERATION OF *Prosthechea vitellina* (LINDLEY) W. E. HIGGINS PLANTS BY DIRECT ORGANOGENESIS. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 46(1), 33–40. <https://doi.org/10.35196/rfm.2023.1.33>
- Ortiz, Ó. L., Agudelo, R. N., Tovar, L. M., & Gutiérrez, N. (2018). Evaluación de cenizas volantes como material adsorbente para la remoción de Pb²⁺ en solución acuosa. *Revista Mutis*, 8(2), 47–56. <https://doi.org/10.21789/22561498.1410>

- Osorio, G. P., Juárez, I. M., Arias, J. E. M. G., Croda, Á. S., & Morales, J. A. (2021a). Adsorción de colorantes textiles en agua mediante carbón activado obtenido de serrín y cáscara de limón / Adsorption of textile dyes in water by activated carbon obtained from sawdust and lemon peel. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 4(4), 5703–5714. <https://doi.org/10.34188/bjaerv4n4-067>
- Osorio, G. P., Juárez, I. M., Arias, J. E. M. G., Croda, Á. S., & Morales, J. A. (2021b). Adsorción de colorantes textiles en agua mediante carbón activado obtenido de serrín y cáscara de limón / Adsorption of textile dyes in water by activated carbon obtained from sawdust and lemon peel. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 4(4), 5703–5714. <https://doi.org/10.34188/bjaerv4n4-067>
- Ospina-Guarín, V. M., Buitrago-Sierra, R., & López-López, D. P. (2014). Preparación y caracterización de carbón activado a partir de torta de higuera Preparation and characterization of activated carbon from castor de-oiled cake. In *Tecno Lógicas (Vol. 17, Issue 32)*. doi:10.22430/22565337.207
- Palacios S., W. M. (2023). *Eficacia de un sistema de filtración con carbón activado a base de cáscara de coco para la obtención de agua para consumo humano a partir de agua pluvial*. [Tesis pregrado, Universidad de Huanuco]. <http://repositorio.udh.edu.pe/20.500.14257/4525>
- Paliza L.y Palomino L., (2023). *Carbón activado derivado de la cáscara de quinua como adsorbente modificado para remover colorantes, Lima – Perú*. [Tesis pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV_080b9339c90abb56723624cae3b7d6f8
- Palomino-Amorína C, V.-P. R. V.-F. L. (2016). Aprovechamiento de pelos de vacuno del proceso de pelambre enzimático de las curtiembres en la remoción de plomo. *Rev Soc Quím Perú*. 82(2), 183–195. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2016000200009

- Pardo-Rodriguez, D. A., Mendez, J. J., & Mejía, S. M. (2020). Computational characterization of organic ligands derived from fumaric acid for selective adsorption of inorganic mercury. *Informacion Tecnologica*, 31(2), 81–92. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642020000200081>
- Pavan, J. V., Masachessi, G., Prez, V. E., Di Cola, G., Re, V. E., & Nates, S. V. (2022). Evaluación de la calidad de aguas superficiales en espacios recreacionales, una propuesta integradora de marcadores químicos y microbiológicos. *Revista de La Facultad de Ciencias Médicas de Córdoba*, 79(2), 210–214. <https://doi.org/10.31053/1853.0605.v79.n2.33403>
- Pérez, V. M., Scandalariis, M., Arias, C. V., & Perissé, P. (2022). Morpho-anatomical characterization of seeds and seedlings of *Passiflora caerulea*, *P. mooreana* and *P. morifolia* (Passifloraceae). *Lilloa*, 59(2), 247–267. <https://doi.org/10.30550/j.lil/2022.59.2/2022.10.31>
- Piastrellini, R., Merino, M. C. G., Arena, A. P., Lassa, M. S., Dávila, V., Tello, G. A., San Blas, S., & Rivarola, A. (2022). Evaluación ambiental del aprovechamiento de aserrín para la producción de carbones activados destinados a sistemas de refrigeración solar por adsorción / Environmental evaluation of the use of sawdust to produce activated carbon for adsorption solar cooling systems. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 5(1), 480–489. <https://doi.org/10.34188/bjaerv5n1-037>
- Piastrellini, R., Merino, M. C. G., Arena, A. P., Lassa, M. S., Dávila, V., Tello, G. A., San Blas, S., & Rivarola, A. (2022). Evaluación ambiental del aprovechamiento de aserrín para la producción de carbones activados destinados a sistemas de refrigeración solar por adsorción / Environmental evaluation of the use of sawdust to produce activated carbon for adsorption solar cooling systems. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 5(1), 480–489. <https://doi.org/10.34188/bjaerv5n1-037>

- Prías-Barragán, J. J., Echeverry-Montoya, N. A., & Ariza-Calderón, H. (2015). Fabricación y caracterización de carbón activado y de nanoplaquetas de carbón a partir de *Guadua angustifolia* Kunth para aplicaciones en electrónica. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 39(153), 444. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.139>.
- Ponce Arredondo, R. D. (2023), *Evaluación de la efectividad del carbón activado de cáscara de naranja (Citrus sinensis) para la adsorción de plomo (Pb) en disolución acuosa a nivel laboratorio*. [Tesis pregrado, Universidad _____ de _____ Huanuco]. <http://repositorio.udh.edu.pe/20.500.14257/4311>
- Raúl, E., Caycho, C., Rosario, M., Cotos, C., Mercedes, M., & Lozano, S. (2020). Actividad inhibidora in vitro de los extractos acuosos de los frutos de *Hylocereus megalanthus* Y *Passiflora tripartita* var. *mollissima* sobre la enzimas de α -AMILASA Y α -GLUCOSIDASA. *Rev Soc Quím Perú*, 86(2), 93–104. <http://dx.doi.org/10.37761/rsqp.v86i2.279>
- Rojas, K. V. (2020). Valoración de la eficiencia de remoción de arsénico en agua con carbón activado de jícara sabanero (*Crescentia alata*) y su combinación con óxidos de hierro. *Revista Torreón Universitario*, 9(24), 58–68. <https://doi.org/10.5377/torreon.v9i24.9724>.
- Rodríguez Estacio, J. S., & Cruz Hoyos, S. A. (2022). Producción de Carbón Activado a partir de la Testa de la Almendra de Cacao. *Revista Científica Dékamu Agropec*, 3(1), 94–103. <https://doi.org/10.55996/dekamuagropec.v3i1.76>
- Rodríguez, L. E. C., Díaz, B. C., Legendre, J. C. M., Pérez, A. S. D., Jiménez, A. I. H., & Bazán, M. E. P. (2021). Biotratamiento para reducción de carga orgánica generada en el agua residual de curtiembres. *Revista De Innovación Y Transferencia Productiva*, 1(2), e001. <https://doi.org/10.54353/ritp.v1i2.e001>
- Saleem, M. (2021). Effect of Chemical Activating Agents on Surface Area and Methylene Blue Uptake Capacity of Activated Carbons. *Pak. j. Sci. Ind.*

Res. Ser: Phys. Sci., 64A (3), 253–264.
<https://doi.org/10.52763/PJSIR.PHYS.SCI.64.3.2021.254.264>

Santos, D. N., Cerro, G. C., Rimaycuna, J., Solís, J. L., Keiski, R., & Gómez, M. M. (2016). Adsorción de azul de metileno en medio acuoso empleando carbones activados y carbones activados modificados con nanopartículas de ZnO. In *Rev Soc Quím Perú (Vol. 81, Issue 1)*. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2016000100007

Sandoval, L., Yupanqui, J. (2023). *Aplicación del carbón activado granular y carbón activado en polvo como filtrantes para la mejora de la calidad de agua del río Alameda, Ayacucho, 2022*. [Tesis pregrado, Universidad Continental, Huancayo. Perú].
<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/13861>

Simirgiotis, M. J., Schmeda-Hirschmann, G., Bórquez, J., & Kennelly, E. J. (2013). The *Passiflora tripartita* (banana passion) fruit: A source of bioactive flavonoid C-glycosides isolated by HSCCC and characterized by HPLC-DAD-ESI/MS/MS. *Molecules*, 18(2), 1672–1692.
<https://doi.org/10.3390/molecules18021672>

Supo, J., Zacarías, H., & Camayo, B. (2024). *Metodología de la investigación científica: Niveles de investigación (Spanish edition)*.
<https://bioestadistico.com/libro>

Valdés, H., Sánchez-Polo, M., & Zaror, C. A. (2011). Impacto del tratamiento con ozono sobre las propiedades superficiales del carbón activado Impact of ozone treatment on activated carbon surface properties. In *Revista chilena de ingeniería*. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052011000200003>

Valdés, H., & Zaror, C. A. (2010). Influencia de la composición química superficial del carbón activado en la adsorción de benzotiazoles. In *Revista chilena de ingeniería (Vol. 18, Issue 1)*.
<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052010000100005>

- Vega-Corrales, E., Campos-Sánchez, V., Monge-Vargas, A. A., Bertsch-Hernández, S., & Vargas-Ramírez, E. (2022). Morphology and viability test optimization in seeds of *Passiflora* spp. from Costa Rica. *Agronomia Mesoamericana*, 33. <https://doi.org/10.15517/am.v33iEspecial.51567>
- Wang, H., Xu, J., Liu, X., & Sheng, L. (2021). Preparation of straw activated carbon and its application in wastewater treatment: A review. In *Journal of Cleaner Production* (Vol. 283). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124671>
- Yao, Y., Zuo, H., Liu, Y., Pang, S., Lan, L., Yao, F., Wu, Y., & Liu, Z. (2024). Efficient dye adsorption of mesoporous activated carbon from bamboo parenchyma cells by phosphoric acid activation. *RSC Advances*, 14(18), 12873–12882. <https://doi.org/10.1039/d4ra01652a>
- Zamora, M. M., Navarro, O. P., Gárciga, J. P., & Valdés, J. E. M. (2023). Parámetros de control para producir ácido fosfórico por reacción química a partir de fosforita cubana. +Ingenio, (Ene - Jun 2022 V4 N1), 29-40. <https://doi.org/10.36995/j.masingenio.2022.12.12.003>
- Zea, H. R., Bastidas, K. G., & Sierra, C. A. (2023). Adsorción de mercurio sobre nanopartículas de hierro soportadas en fibra de Fique: cinética e isoterma de adsorción. *Ingeniería y Competitividad*, 25 (Suplemento). <https://doi.org/10.25100/iyc.v25isuplemento.13109>
- Zhang, H., Luo, L., Zhao, Z., Shen, Y., Cui, J., Shi, X., & Han, X. (2024). Enhanced SO₂, NO, and Cr (VI) removal by lignin-derived high N-doped activated carbon through one-pot strategy: Structure development, structure–performance relationship and mechanism insight. *Separation and Purification Technology*, 348. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2024.127687>

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Claudio Hermosilla, Y. Y. (2026). *Comparación de la eficiencia del carbón activado de semillas de porogsa (Passiflora tripartita) activado químicamente con diferentes agentes en parámetros fisicoquímicos del agua del Río Aco, Huánuco – 2025* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

RESOLUCIÓN DE DESIGNACIÓN DE ASESOR DE TESIS

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO *Facultad de Ingeniería*

RESOLUCIÓN N° 2001-2023-D-FI-UDH

Huánuco, 08 de setiembre de 2023

Visto, el Oficio N° 692-2023-C-PAIA-FI-UDH presentado por el Coordinador del Programa Académico de Ingeniería Ambiental y el Expediente N° 437220-0000006199, de la Bach. **Yetwanin Yenina CLAUDIO HERMOSILLA**, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar el trabajo de investigación (Tesis).

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo a la Nueva Ley Universitaria 30220, Capítulo V, Art 45° inc. 45.2, es procedente su atención, y;

Que, según el Expediente N° 437220-0000006199, presentado por el (la) Bach. **Yetwanin Yenina CLAUDIO HERMOSILLA**, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar su trabajo de investigación (Tesis), el mismo que propone al Mg. Joel Gamez Penadillo, como Asesor de Tesis, y;

Que, según lo dispuesto en el Capítulo II, Art. 27° y 28° del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco vigente, es procedente atender lo solicitado, y;

Estando a Las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Primero.- DESIGNAR, como Asesor de Tesis de la Bach. **Yetwanin Yenina CLAUDIO HERMOSILLA**, al Mg. Joel Gamez Penadillo, docente del Programa Académico de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería.

Artículo Segundo. - El interesado tendrá un plazo máximo de 6 meses para solicitar revisión del Trabajo de Investigación (Tesis). En todo caso deberá de solicitar nuevamente el trámite con el costo económico vigente.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



Distribución:

Fac. de Ingeniería – PAIA– Asesor – Mat. y Reg.Acad.– Interesado – Archivo.
BCR/EJML/nto.

ANEXO 2

RESOLUCIÓN DE APROBACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 2682-2024-D-FI-UDH

Huánuco, 05 de diciembre de 2024

Visto, el Oficio N° 917-2024-C-PAIA-FI-UDH, mediante el cual el Coordinador Académico de Ingeniería Ambiental, remite el dictamen de los jurados revisores, del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: **"COMPARACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL CARBÓN ACTIVADO DE SEMILLAS DE POROGSA (*Passiflora tripartita*) ACTIVADO QUÍMICAMENTE CON DIFERENTES AGENTES EN PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL AGUA DEL RÍO ACO, HUÁNUCO – 2025"**, presentado por el (la) Bach. **Yetwanin Yenina CLAUDIO HERMOSILLA**.

CONSIDERANDO:

Que, mediante Resolución N° 006-2001-R-AU-UDH, de fecha 24 de julio de 2001, se crea la Facultad de Ingeniería, y;

Que, mediante Resolución de Consejo Directivo N° 076-2019-SUNEDU/CD, de fecha 05 de junio de 2019, otorga la Licencia a la Universidad de Huánuco para ofrecer el servicio educativo superior universitario, y;

Que, mediante Resolución N° 2001-2023-D-FI-UDH, de fecha 08 de setiembre de 2023, perteneciente al Bach. **Yetwanin Yenina CLAUDIO HERMOSILLA** se le designó como ASESOR(A) al Mg. Joel Gamez Penadillo, docente adscrito al Programa Académico de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería, y;

Que, según Oficio N° 917-2024-C-PAIA-FI-UDH, del Coordinador Académico quien informa que los JURADOS REVISORES del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: **"COMPARACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL CARBÓN ACTIVADO DE SEMILLAS DE POROGSA (*Passiflora tripartita*) ACTIVADO QUÍMICAMENTE CON DIFERENTES AGENTES EN PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL AGUA DEL RÍO ACO, HUÁNUCO – 2025"**, presentado por el (la) Bach. **Yetwanin Yenina CLAUDIO HERMOSILLA**, integrado por los siguientes docentes: Mg. Frank Erick Camara Llanos (Presidente), Mg. Jonathan Oscar Bonifacio Munguia (Secretario) y Mg. Niler Rosario Chahua García (Vocal), quienes declaran APTO para ser ejecutado el Trabajo de Investigación (Tesis), y;

Estando a las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - **APROBAR**, el Trabajo de Investigación (Tesis) y su ejecución intitulado: **"COMPARACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL CARBÓN ACTIVADO DE SEMILLAS DE POROGSA (*Passiflora tripartita*) ACTIVADO QUÍMICAMENTE CON DIFERENTES AGENTES EN PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL AGUA DEL RÍO ACO, HUÁNUCO – 2025"**, presentado por el (la) Bach. **Yetwanin Yenina CLAUDIO HERMOSILLA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Ambiental, del Programa Académico de Ingeniería Ambiental de la Universidad de Huánuco.

Artículo Segundo. - El Trabajo de Investigación (Tesis) deberá ejecutarse hasta un plazo máximo de 1 año de su Aprobación. En caso de incumplimiento podrá solicitar por única vez la ampliación del mismo (6 meses).

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



Distribución:

Fac. de Ingeniería – PAIA – Asesor – Exp. Graduando – Interesado – Archivo.
BCR/EJ/ML/nto.

ANEXO 3

SOLICITUD DE USO DE LABORATORIO DE LA UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO



UDH
UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
http://www.udh.edu.pe

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
Facultad de Ingeniería
Programa Académico de Ingeniería Ambiental



"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

Huánuco, 31 de enero de 2025

SEÑORA: Mg. BERTHA LUCILA CAMPOS RIOS
(Decana de la Facultad de Ingeniería)

ALUMNO:

BACHILLER (X) EGRESADA () ESTUDIANTE () OTRO ()

ASESOR O TUTOR: Joel Gamez Penadillo

TÍTULO DE TESIS, PROYECTO O ESTANCIA: "Comparación de la eficiencia del carbón activado de semillas de porosa (Passiflora tripartita) activado químicamente con diferentes agentes en parámetros físicoquímicos del agua del Río Aco, Huánuco - 2025"

E-MAIL: yetwaninch20@gmail.com

SOLICITA: Uso de laboratorio (x) Equipo (x)

SOLICITA CLAVE DE ACCESO DE LABORATORIO: Si () No (X)

PERIODO DE PRÉSTAMO DE LABORATORIO:

FECHA	HORA
4,5,6,7, 11,12,13, 14.18.19 fecha del 2025	8 a.m. - 1 p.m.

LISTA DE EQUIPO Y MATERIALES A SOLICITAR

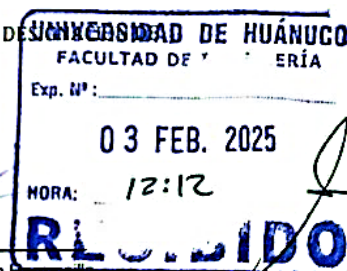
Cantidad	Descripción del equipo	Descripción de materiales	OBSERVACIONES
1	Horno eléctrico	crisoles	
1	Estufa o mufa	vaso precipitado de 200 ml	
1	balanza eléctrica	barita de vidrio o esatulas de mezcla	
		cucharillas de porcelana	
		matraces de vidrio	

ADJUNTO:

- BOLETA DE PAGO, RESOLUCIÓN DE APROBACIÓN DEL PROYECTO Y RESOLUCIÓN DE DESERCIÓN DE LA UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
- ASESOR.
- CARTA DE COMPROMISO

Joel Gamez Penadillo

ASESOR



Yetwanin Yenina Claudio Hermosilla
DNI: 75702143

ALUMNO

Nota: En caso de pérdida, robo y/o descompostura del equipo y material prestado, el usuario deberá reponerlo o gestionar los recursos para su reposición. No se recibirán solicitudes que no vengán firmadas por el tutor. Las solicitudes deberán ser entregadas al responsable con una semana de anticipación a la fecha de solicitud de préstamo del material.

cc:
Archivo
Laboratorio de Química Ambiental de P.A de Ingeniería Ambiental

Carretera Central Km. 2.5 - La Esperanza Teléfono N° 51 -9773 - Anexo 310 Huánuco - Perú
E-mail: laboratorioambiental@udh.edu.pe/ secretaria.ambiental.hco@udh.edu.pe

ANEXO 4

MATRIZ DE CONSISTENCIA

“COMPARACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL CARBÓN ACTIVADO DE SEMILLAS DE POROGSA (*Passiflora tripartita*) ACTIVADO QUÍMICAMENTE CON DIFERENTES AGENTES EN LOS PARÁMETROS FISCOQUÍMICOS DEL AGUA DEL RÍO ACO, HUÁNUCO – 2025”

Problema General	Objetivo General	Hipótesis	Variable / Indicadores	Metodología
¿Cuál es la eficiencia del carbón activado de semillas de porogsa (<i>Passiflora tripartita</i>) activado químicamente con diferentes agentes en los parámetros fisicoquímicos del agua del río Aco, Huánuco?	Comparar la eficiencia del carbón activado de semillas de porogsa (<i>Passiflora tripartita</i>) activado químicamente con diferentes agentes en los parámetros fisicoquímicos del agua del río Aco, Huánuco.	Hi: El carbón activado de semillas de porogsa (<i>Passiflora tripartita</i>), activado con diferentes agentes químicos, presenta diferencias significativas en los parámetros fisicoquímicos del agua del río Aco, Huánuco. Ho: El carbón activado de semillas de porogsa (<i>Passiflora tripartita</i>), activado con diferentes agentes químicos, no presenta diferencias significativas en los parámetros fisicoquímicos del agua del río Aco, Huánuco.	Variable calibración: Agentes activantes químicamente: - ácido fosfórico - hidróxido de sodio - cloruro de zinc Variable evaluativa: Parámetros fisicoquímicos del agua.	Tipo: Prospectivo, Longitudinal, analítica y con intervención. Enfoque: Cuantitativo. Alcance o nivel: Aplicativo. Población: Agua superficial del río Aco, distrito de Llata, provincia de Huamalíes, departamento de Huánuco. Ubicado a 3 260 m.s.n.m. Muestra: 20 L de agua superficial del río Aco, Llata, Huánuco.
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis Específicas	Parámetros físicos	
¿Cuáles son los parámetros físicos del agua del río Aco, Huánuco, antes y después de la intervención con los agentes activantes químicamente (ácido	Evaluar los parámetros físicos del agua del río Aco, Huánuco, antes y después de la intervención con los agentes activantes químicamente (ácido	Hi.1: Los parámetros físicos del agua del río Aco, Huánuco mejoraron	- Color - Turbiedad - Olor	

fosfórico, hidróxido de sodio y cloruro de zinc)?	fosfórico, hidróxido de sodio y cloruro de zinc).	significativamente después de la intervención con carbón activado con diferentes agentes químicos.	Parámetros químicos	utilizando 2 litros por experimento. Las muestras se dividirán en tres grupos experimentales, cada uno tratado con carbón activado de semillas de porogsa activado químicamente con diferentes agentes.
¿Cuáles son los parámetros químicos del agua del río Aco, Huánuco, antes y después de la intervención con los agentes activantes químicamente (ácido fosfórico, hidróxido de sodio y cloruro de zinc)?	Evaluar los parámetros químicos del agua del río Aco, Huánuco, antes y después de la intervención con los agentes activantes químicamente (ácido fosfórico, hidróxido de sodio y cloruro de zinc).	Ho. 1: Los parámetros físicos del agua del río Aco, Huánuco no mejoraron significativamente después de la intervención con carbón activado químicamente con diferentes agentes químicos.	- pH - Oxígeno disuelto (OD) - Demanda química de oxígeno (DQO) - Demanda biológica de oxígeno (DBO)	
¿Cuál es la capacidad de adsorción máxima de cada tipo de carbón activado para los diferentes contaminantes presentes en el agua del río Aco, Huánuco?	Evaluar la capacidad de adsorción máxima de cada tipo de carbón activado para los diferentes contaminantes presentes en el agua del río Aco, Huánuco.	Hi.2: Los parámetros químicos del agua del río Aco, Huánuco, mostró una reducción significativa tras el tratamiento con carbón activado químicamente con diferentes agentes químicos. Ho.2: Los parámetros químicos del agua del río Aco, Huánuco, no mostró una reducción significativa tras el tratamiento con carbón activado químicamente con diferentes agentes químicos.		Diseño: Experimento verdadero. GE: O1----- X -----02 Leyenda: GC: Grupo control. G.E: Grupo experimental. O1: Observación inicial. X: Intervención con carbón activado de semillas de porogsa.

Hi.3: El carbón activado con diferentes agentes químicos, tiene la capacidad de adsorción máxima, en la remoción de contaminantes presentes en el agua del río Aco, Huánuco.

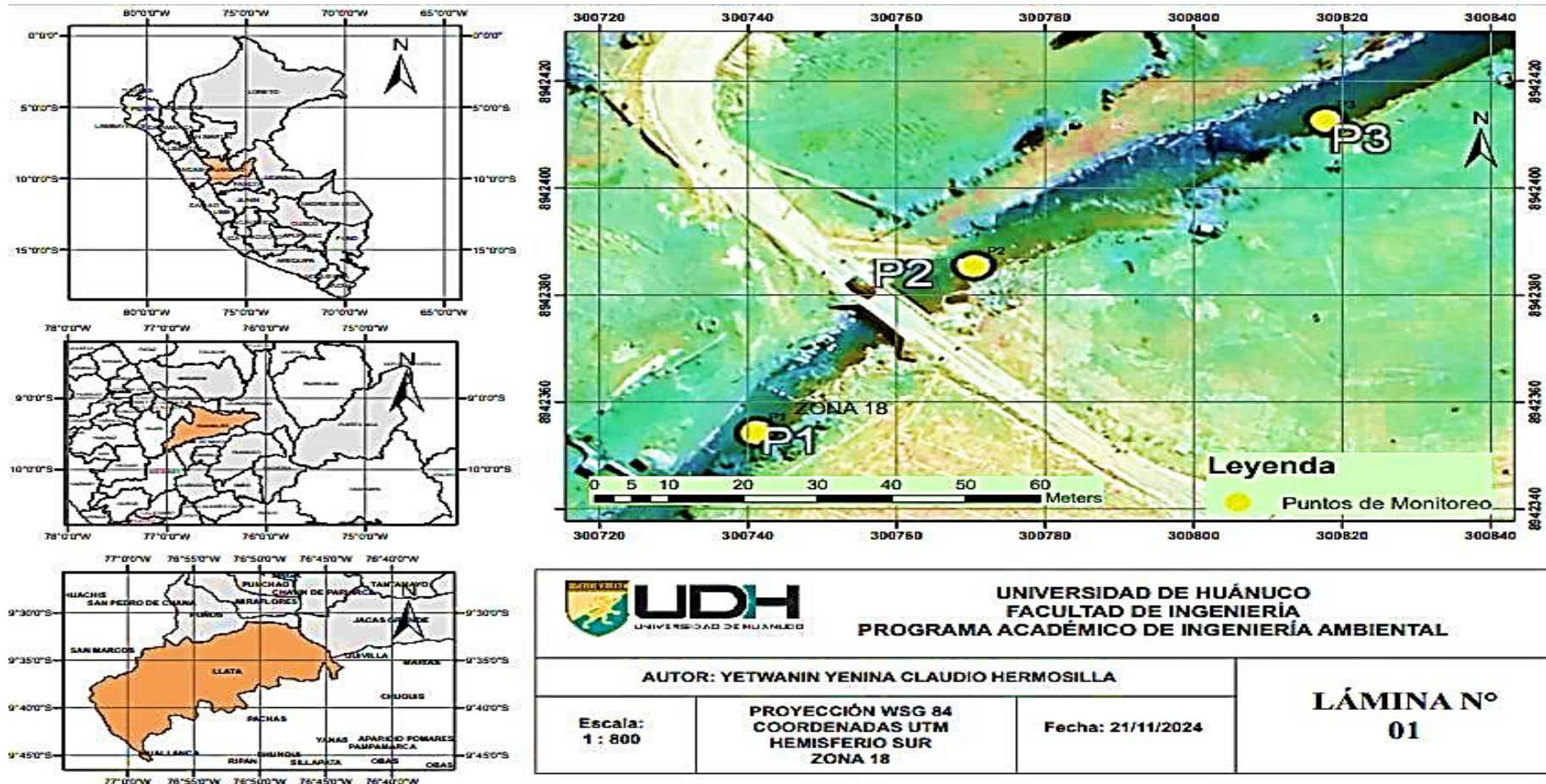
Ho.3: El carbón activado con diferentes agentes químicos, no tiene la capacidad de adsorción máxima, en la remoción de contaminantes presentes en el agua del río Aco, Huánuco.

O1: Observación inicial.

O2: Observación final.

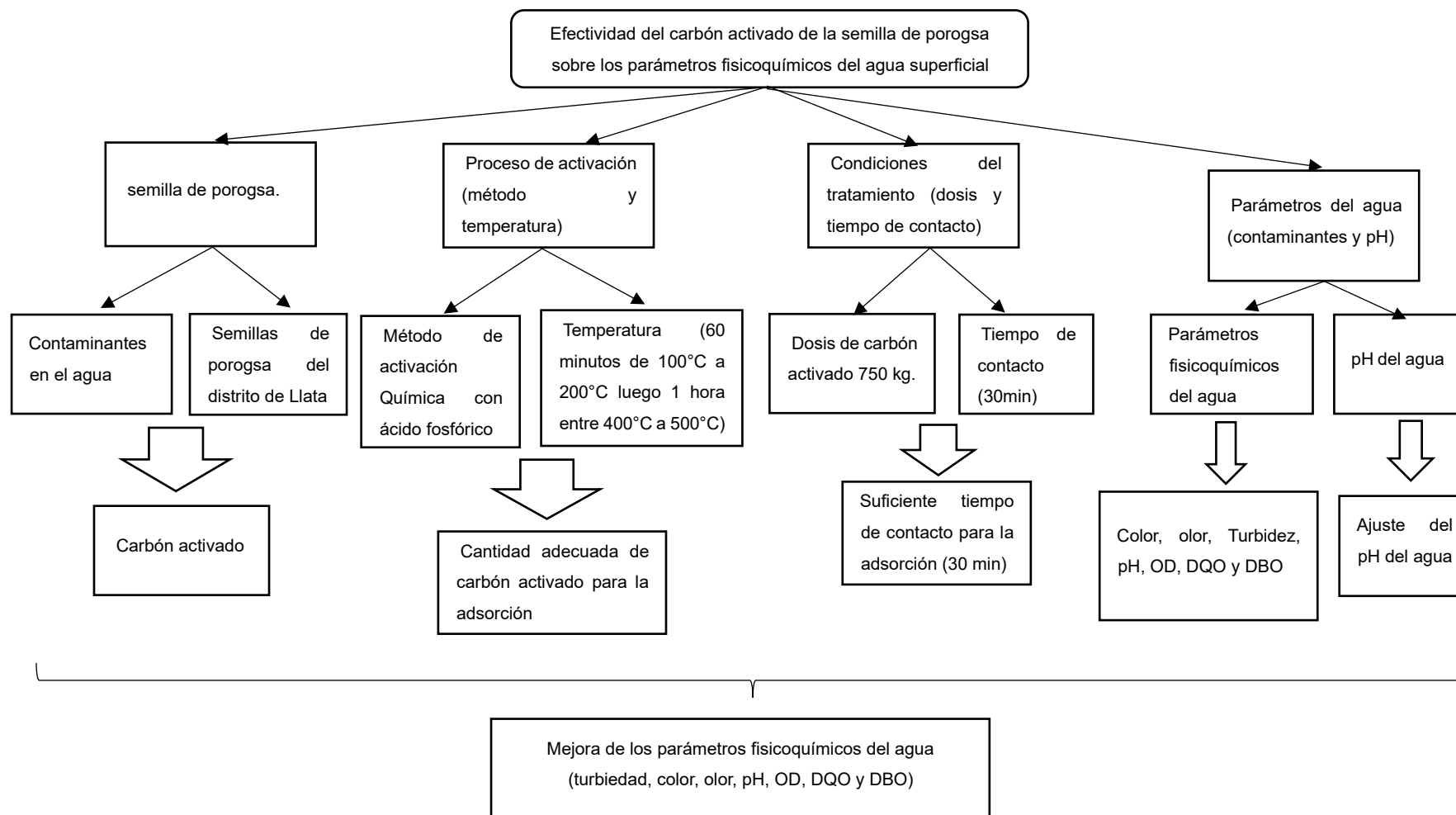
ANEXO 5

PLANO DE UBICACIÓN



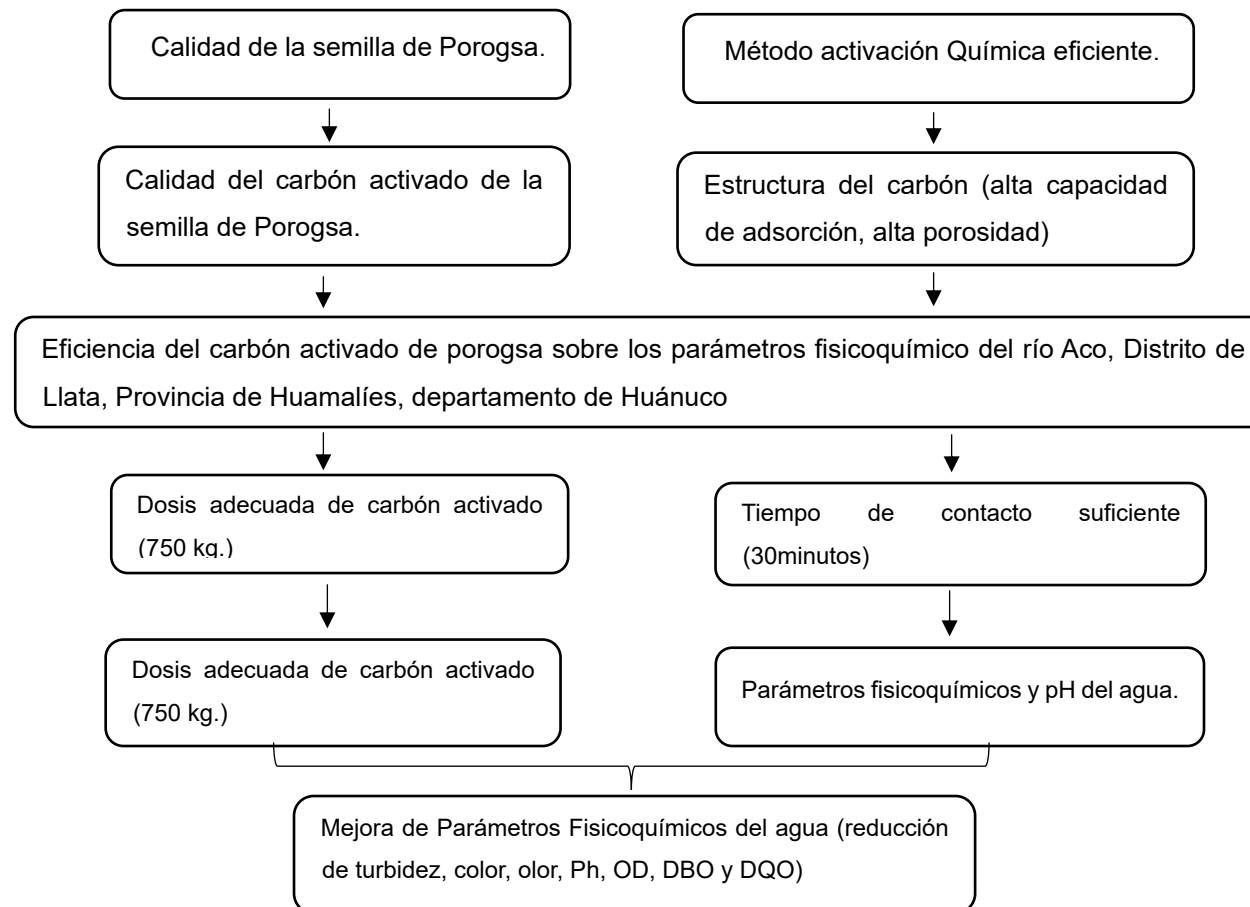
ANEXO 6

DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO



ANEXO 7

DIAGRAMA DE MEDIOS Y FINES



ANEXO 8

FICHA N°1 ACTIVACIÓN DEL CARBÓN DE LAS SEMILLAS DE POROGSA CON DIFERENTES AGENTES QUÍMICOS Y SUS CARACTERÍSTICAS

	Cantidad de carbón de las semillas de porogsa	Cantidad de Agentes activantes químicos	Cantidad deseado	
			SI	No
	60 gr	Ácido fosfórico 60 ml	✓	
	60 gr	Hidróxido de sodio 12 gr	✓	
	60 gr	Cloruro de zinc 120 ml	✓	
	Características del CA	Unidad de medida	Valor	
Ácido fosfórico	Densidad	g/ml	1.052	
	pH	0 - 14	7.48	
	Capacidad de adsorción (Azul de metileno)	-Método de Freundlich ($q_e = (C/C_0)^{1/n}$) (mg/g)	0.8636	
Hidróxido de sodio	Densidad	g/ml	1.05263	
	pH	0 - 14	7.41	
	Capacidad de adsorción (Azul de metileno)	-Método de Freundlich ($q_e = (C/C_0)^{1/n}$) (mg/g)	0.7996	
Cloruro de zinc	Densidad	g/ml	1.00	
	pH	0 - 14	7.02	
	Capacidad de adsorción (Azul de metileno)	-Método de Freundlich ($q_e = (C/C_0)^{1/n}$) (mg/g)	0.5437	

Fuente: ("Manual del Carbón activado", s.f.).

ANEXO 9

FICHA N°2 UBICACIÓN DEL PUNTO DE MONITOREO

Ubicación del punto 1 de monitoreo

Cuerpo de agua: RÍO ACO
 Clasificación del cuerpo de agua: CATEGORIA 1: RECREACIONAL
 (categorizado de acuerdo al R.J. N° 202 -2010-ANA)
 Cuenca, subcuenca o microcuenca: SUBCUENCA DEL RÍO ACO

IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO

Código del punto de monitoreo: RACO-01
 Ubicación: RÍO ACO, LLATA, HUAMALILLES, HUÁNUCO
 Accesibilidad: ACCESO VEHICULAR, CAMINATA 30 MIN DESDE LLATA
 Representatividad: AGUAS AERIAS
 Estación hidrométrica (*): NO EXISTE
 (*) si existe
 Reconocimiento del entorno: Provincia de Vegetación (rumba, árboles), praderas

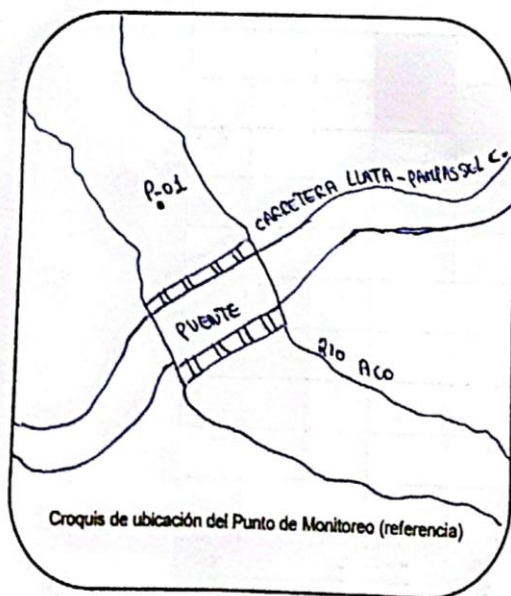
UBICACIÓN

Distrito: LLATA Provincia: HUAMALILLES Departamento: HUÁNUCO

Localidad: LLATA

COORDENADAS U.T.M. (WGS84 ó PASAD56)

Norte: -9.334759 Este: -76.485569 Zona: 18 (17,18 o 19)
 Altitud: 3960 m.s.n.m. (metros sobre el nivel del mar)



Fuente: (DIGESA, 2007)



Ubicación del punto 2 de monitoreo

Cuerpo de agua: RÍO ACO
 Clasificación del cuerpo de agua
 (categorizado de acuerdo al R.J. N° 202 -2010- ANA) CATEGORÍA 1: RECREACIONAL
 Cuenca, subcuenca o microcuenca SUBCUENCA DEL RÍO ACO

IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO

Código del punto de monitoreo: RACO - 02
 Ubicación RÍO ACO, LLATA, HUAYALIES, HUÁNUCO
 Accesibilidad ACCESO VEHICULAR, CARRETERA 30 MINUTOS DESDE LLATA
 Representatividad AGUAS ARAZO
 Estación hidrométrica (*) NO EXISTE
 (*) si existe
 Reconocimiento del entorno: PRESENCIA DE VEGETACIÓN (PENAS, ÁRBOLES); PIEDRAS

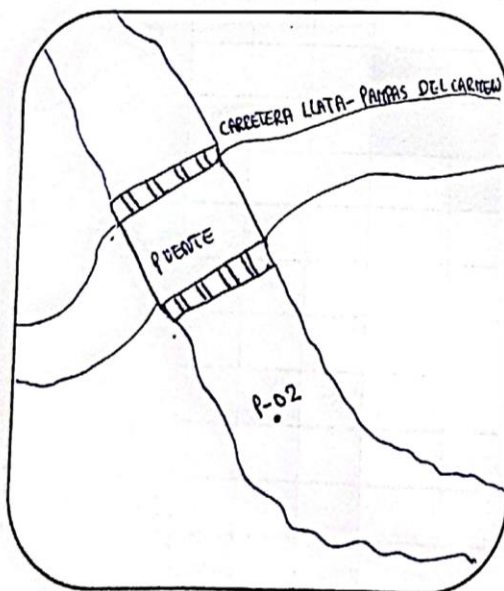
UBICACIÓN

Distrito: Provincia: Departamento:
LLATA HUAYALIES HUÁNUCO

Localidad: LLATA

COORDENADAS U.T.M. (WGS84 ó PASAD56)

Norte: -9.334658 Este: -76.485472 Zona: 18 (17, 18 o 19)
 Altitud: 3258 m.s.n.m (metros sobre el nivel del mar)



Fuente: (DIGESA, 2007)



Ubicación del punto 3 de monitoreo

Cuerpo de agua: RIO ACO
Clasificación del cuerpo de agua: CATEGORIA 1 : RECREACIONAL
(categorizado de acuerdo al R.J. N° 202 -2010-ANA)
Cuenca, subcuenca o microcuenca: SUBCUENCA DEL RIO ACO

IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO

Código del punto de monitoreo: RACO - 03
Ubicación: RIO ACO, LLATA, HUAMALIES, HUÁNUCO
Accesibilidad: ACCESO VEHICULAR, CARRETERA 30 MINUTOS DESDE LLATA
Representatividad: AGUAS ARAZO
Estación hidrométrica (*) NO EXISTE
(*) si existe
Reconocimiento del entorno: PRESENCIA DE VEGETACIÓN (PEÑOS, ARBOLES); PIEDRAS

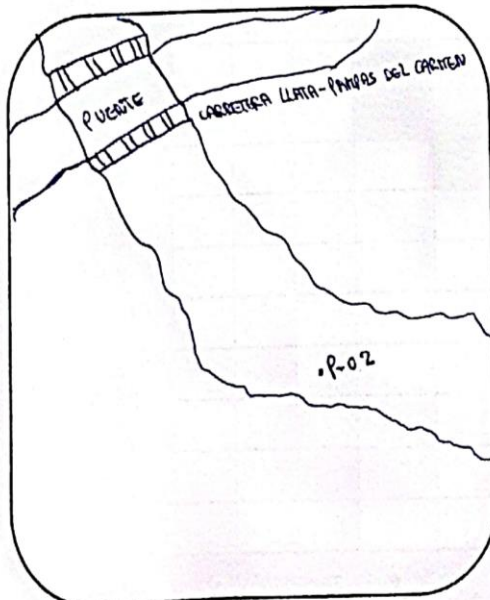
UBICACIÓN

Distrito: LLATA Provincia: HUAMALIES Departamento: HUANUCO

Localidad: LLATA

COORDENADAS U.T.M. (WGS84 ó PASAD56)

Norte: -9.334570 Este: -76.485317 Zona: 18 (17,18 o 19)
Altitud: 3255 m.s.n.m (metros sobre el nivel del mar)



Fuente: (DIGESA, 2007)



ANEXO 10

FICHA N°3 RECOLECCIÓN DE DATOS DE CAMPO

PROYECTO			*Comparación de la eficiencia del carbón activado de semillas de poroga (<i>Passiflora tripartita</i>) activado químicamente con diferentes agentes en los Parámetros Fisicoquímicos del agua del Río Aco, Huánuco - 2025*										
RESPONSABLE			Claudio Hermosilla, Yetwanin Yenina										
Código de campo	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Localidad	Distrito	Provincia	Departamento	COORDENADAS U.T.M. (WGS84)		PARÁMETROS INSITU		N° de frascos por punto de muestreo		Volumen total (ml)
							Norte	Este	pH	T (°C)	P	V	
PHACD-AS-01	17/03/25	9:20 a.m.	LLATA	LLATA	HUAMALÍES	HUÁNUCO	-9.563179	-76.815418	5.13	11.0	1		1000
PHACD-AS-02	17/03/25	9:20 a.m.	LLATA	LLATA	HUAMALÍES	HUÁNUCO	-9.563179	-76.815418	5.13	11.0	1		1000
PHACD-AS-03	17/03/25	9:20 a.m.	LLATA	LLATA	HUAMALÍES	HUÁNUCO	-9.563179	-76.815418	5.13	11.0	1		1000
PHACD-AS-04	17/03/25	9:20 a.m.	LLATA	LLATA	HUAMALÍES	HUÁNUCO	-9.563179	-76.815418	5.13	11.0	1		1000
PHACD-AS-05	17/03/25	9:20 a.m.	LLATA	LLATA	HUAMALÍES	HUÁNUCO	-9.563179	-76.815418	5.13	11.0	1		1000
PHACD-AS-06	17/03/25	9:20 a.m.	LLATA	LLATA	HUAMALÍES	HUÁNUCO	-9.563179	-76.815418	5.13	11.0	1		1000
PHACD-AS-07	17/03/25	9:20 a.m.	LLATA	LLATA	HUAMALÍES	HUÁNUCO	-9.563179	-76.815418	5.13	11.0	1		1000
PHACD-AS-08	17/03/25	9:20 a.m.	LLATA	LLATA	HUAMALÍES	HUÁNUCO	-9.563179	-76.815418	5.13	11.0	1		1000
PHACD-AS-09	17/03/25	9:20 a.m.	LLATA	LLATA	HUAMALÍES	HUÁNUCO	-9.563179	-76.815418	5.13	11.0	1		1000
PHACD-AS-10	17/03/25	9:20 a.m.	LLATA	LLATA	HUAMALÍES	HUÁNUCO	-9.563179	-76.815418	5.13	11.0	1		1000
PHACD-AS-11	17/03/25	9:20 a.m.	LLATA	LLATA	HUAMALÍES	HUÁNUCO	-9.563179	-76.815418	5.13	11.0	1		1000
PHACD-AS-12	17/03/25	9:20 a.m.	LLATA	LLATA	HUAMALÍES	HUÁNUCO	-9.563179	-76.815418	5.13	11.0	1		1000
PHACD-AS-13	17/03/25	9:20 a.m.	LLATA	LLATA	HUAMALÍES	HUÁNUCO	-9.563179	-76.815418	5.13	11.0	1		1000
PHACD-AS-14	17/03/25	9:20 a.m.	LLATA	LLATA	HUAMALÍES	HUÁNUCO	-9.563179	-76.815418	5.13	11.0	1		1000
PHACD-AS-15	17/03/25	9:20 a.m.	LLATA	LLATA	HUAMALÍES	HUÁNUCO	-9.563179	-76.815418	5.13	11.0	1		1000
PHACD-AS-16	17/03/25	9:20 a.m.	LLATA	LLATA	HUAMALÍES	HUÁNUCO	-9.563179	-76.815418	5.13	11.0	1		1000
PHACD-AS-17	17/03/25	9:20 a.m.	LLATA	LLATA	HUAMALÍES	HUÁNUCO	-9.563179	-76.815418	5.13	11.0	1		1000
PHACD-AS-18	17/03/25	9:20 a.m.	LLATA	LLATA	HUAMALÍES	HUÁNUCO	-9.563179	-76.815418	5.13	11.0	1		1000

FHAC-AS-19	17/03/25	9:20 a.m	LLATA	LLATA	HUAMALÍES	HUÁNUCO	-9.563179	-76.815418	5.13	11.0	1		1000
FHAC-AS-20	17/03/25	9:20 a.m	LLATA	LLATA	HUAMALÍES	HUÁNUCO	-9.563179	-76.815418	5.13	11.0	1		1000
Sub-total											20		20 000

Fuente: Protocolo de monitoreo de la calidad sanitaria de los recursos hídricos superficiales (DIGESA, 2007)

P: Botella de Plástico V: Botella de Vidrio

AP(Agua Potable);AR(Agua Residual);AS(Agua Superficial);AT(Agua Subterránea);AM(Agua de mar);AL(Agua Pluvial);EF(Efluente);VE(Vertimientos);SE(Sedimentos);BV(Blanco Viajero);DP(Duplicado);BC(Blanco de Campo);BE(Blanco de Equipo);BF(Blanco de Frasco);LD(Lodos);SU (suelos)

LLATA, 17 de MARZO del 2025

ANEXO 11 FICHA N°4 CADENA DE CUSTODIA

Solicitante: YETWANIN YENINA CLAUDIO HERMOSILLA						Proyecto/Programa: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN				No Oficio/memo:			
Dirección:						Dist: LLATA		Prov: HUAMALÍES		Dpto: HUÁNUCO			
Cel: 921403896										Correo: yetwaninch20@gmail.com			
Responsable del muestreo: YETWANIN YENINA CLAUDIO HERMOSILLA										Firma: 			

Código DILAB (1)	Código de campo	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Matriz (2)	Origen de la fuente (3)	Puntos de muestreo	Distrito	Provincia	departamento	COORDENADAS U.T.M. (WGS84)		N° de frascos por punto de muestreo		Volumen total (ml)
										NORTE	ESTE	P	V	
	PHACO-AS-01	17/03/25	9:20 a.m	AS	Río Aco		LLATA	HUAMALÍES	HUÁNUCO	-9.563179	-76.815418	1		1 000
	PHACO-AS-02	17/03/25	9:20 a.m	AS	Río Aco		LLATA	HUAMALÍES	HUÁNUCO	-9.563179	-76.815418	1		1 000
	PHACO-AS-03	17/03/25	9:20 a.m	AS	Río Aco		LLATA	HUAMALÍES	HUÁNUCO	-9.563179	-76.815418	1		1 000
	PHACO-AS-04	17/03/25	9:20 a.m	AS	Río Aco		LLATA	HUAMALÍES	HUÁNUCO	-9.563179	-76.815418	1		1 000
	PHACO-AS-05	17/03/25	9:20 a.m	AS	Río Aco		LLATA	HUAMALÍES	HUÁNUCO	-9.563179	-76.815418	1		1 000
	PHACO-AS-06	17/03/25	9:20 a.m	AS	Río Aco		LLATA	HUAMALÍES	HUÁNUCO	-9.563179	-76.815418	1		1 000
	PHACO-AS-07	17/03/25	9:20 a.m	AS	Río Aco		LLATA	HUAMALÍES	HUÁNUCO	-9.563179	-76.815418	1		1 000
	PHACO-AS-08	17/03/25	9:20 a.m	AS	Río Aco		LLATA	HUAMALÍES	HUÁNUCO	-9.563179	-76.815418	1		1 000
	PHACO-AS-09	17/03/25	9:20 a.m	AS	Río Aco		LLATA	HUAMALÍES	HUÁNUCO	-9.563179	-76.815418	1		1 000
	PHACO-AS-10	17/03/25	9:20 a.m	AS	Río Aco		LLATA	HUAMALÍES	HUÁNUCO	-9.563179	-76.815418	1		1 000
	PHACO-AS-11	17/03/25	9:20 a.m	AS	Río Aco		LLATA	HUAMALÍES	HUÁNUCO	-9.563179	-76.815418	1		1 000
	PHACO-AS-12	17/03/25	9:20 a.m	AS	Río Aco		LLATA	HUAMALÍES	HUÁNUCO	-9.563179	-76.815418	1		1 000
	PHACO-AS-13	17/03/25	9:20 a.m	AS	Río Aco		LLATA	HUAMALÍES	HUÁNUCO	-9.563179	-76.815418	1		1 000
	PHACO-AS-14	17/03/25	9:20 a.m	AS	Río Aco		LLATA	HUAMALÍES	HUÁNUCO	-9.563179	-76.815418	1		1 000
	PHACO-AS-15	17/03/25	9:20 a.m	AS	Río Aco		LLATA	HUAMALÍES	HUÁNUCO	-9.563179	-76.815418	1		1 000
	PHACO-AS-16	17/03/25	9:20 a.m	AS	Río Aco		LLATA	HUAMALÍES	HUÁNUCO	-9.563179	-76.815418	1		1 000

PHACO-AS-17	17/03/25	9:20 a.m	AS	Río Aco		LLATA	HUAMALÍES	HUÁNUCO	-9.563179	-76.815418	1		1 000
PHACO-AS-18	17/03/25	9:20 a.m	AS	Río Aco		LLATA	HUAMALÍES	HUÁNUCO	-9.563179	-76.815418	1		1 000
PHACO-AS-19	17/03/25	9:20 a.m	AS	Río Aco		LLATA	HUAMALÍES	HUÁNUCO	-9.563179	-76.815418	1		1 000
PHACO-AS-20	17/03/25	9:20 a.m	AS	Río Aco		LLATA	HUAMALÍES	HUÁNUCO	-9.563179	-76.815418	1		1 000
Sub total											20		20 000

Fuente: (DIGESA, 2007)

(1) Campo exclusivo para el laboratorio

(2) AP(Agua Potable);AR(Agua Residual);AS(Agua Superficial);AT(Agua Subterránea);AM(Agua de mar);AL(Agua Pluvial);EF(Efluente);VE(Vertimientos); SE(Sedimentos);BV(Blanco Viajero);DP(Duplicado);BC(Blanco de Campo);BE(Blanco de Equipo);BF(Blanco de Frasco);LD(Lodos);SU (suelos)

(3) Ejemplo para matriz AS origen de la muestra: Río Corrientes. Los datos deben coincidir con las etiquetas de los frascos. P: Botella de Plástico V: Botella de Vidrio

	Nombre	Institución	Firma	Fecha	Hora												
Entregado por:	YETWANDIN YENINA CLAUDIO HERMOSILLA			17/03/25	5:05 p.m												
Recibido por:																	
Entregado por:	YETWANDIN YENINA CLAUDIO HERMOSILLA			17/03/25	5:05 p.m												
Recibido por:																	
(1) Muestras recibidas intactas: - Tipo de recipiente adecuado: - Muestras dentro del periodo de análisis - conservación de muestras:			<table border="1"> <tr> <td>SI</td> <td>X</td> <td>No</td> <td></td> </tr> <tr> <td>SI</td> <td>X</td> <td>No</td> <td></td> </tr> <tr> <td>SI</td> <td>X</td> <td>No</td> <td></td> </tr> </table>			SI	X	No		SI	X	No		SI	X	No	
SI	X	No															
SI	X	No															
SI	X	No															
☒ Frío ☐ Ambiente			Comentarios														

Código de campo	Parámetros Insitu		Parámetros físico-químico							Observaciones
	pH	Temperatura °C	Color	Turbiedad	Olor	pH	Oxígeno Disuelto (OD)	Demanda Química de oxígeno (DQO)	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DQO)	
PHACO-AS-01	5.13	4°C								
PHACO-AS-02	5.13	4°C								
PHACO-AS-03	5.13	4°C								
PHACO-AS-04	5.13	4°C								
PHACO-AS-05	5.13	4°C								
PHACO-AS-06	5.13	4°C								
PHACO-AS-07	5.13	4°C								
PHACO-AS-08	5.13	4°C								
PHACO-AS-09	5.13	4°C								
PHACO-AS-10	5.13	4°C								
PHACO-AS-11	5.13	4°C								
PHACO-AS-12	5.13	4°C								
PHACO-AS-13	5.13	4°C								
PHACO-AS-14	5.13	4°C								
PHACO-AS-15	5.13	4°C								
PHACO-AS-16	5.13	4°C								

PHACO-AS-17	5.13	4°C									
PHACO-AS-18	5.13	4°C									
PHACO-AS-19	5.13	4°C									
PHACO-AS-20	5.13	4°C									
Ácido SULFÚRICO										✓	Preservantes agregados

ANEXO 12

FICHA N°5 ANÁLISIS DE PARÁMETROS EN LABORATORIO

	PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS	UNIDAD	Vaso precipitado 1	Vaso precipitado 2	Vaso precipitado 3
			Valor	Valor	Valor
Sin carbón activado	Color	Color verdadero escala Pt/Co	0.00	0.00	0.00
	Turbiedad	UNT	70.69	74.12	72.15
	Olor	Factor de dilución a 25° C	0.00	0.00	0.00
	Potencial de Hidrógeno pH	Unidad de pH	8.02	8.22	8.05
	Oxígeno disuelto (OD)	mg/L	6.78	6.89	6.79
	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	20.07	20.58	20.15
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	4.69	4.81	4.71
Con carbón activado con ácido fosfórico	PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS	UNIDAD	Vaso precipitado 1	Vaso precipitado 2	Vaso precipitado 3
			Valor	Valor	Valor
	Color	Color verdadero escala Pt/Co	10.00	10.00	10.00
	Turbiedad	UNT	21.73	22.34	21.08
	Olor	Factor de dilución a 25° C	0.00	0.00	0.00
	Potencial de Hidrógeno pH	Unidad de pH	6.91	6.98	6.84
	Oxígeno disuelto (OD)	mg/L	0.04	0.08	0.05
	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	17.30	17.47	17.12
Con carbón activado con hidróxido de sodio	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	4.04	4.08	4.00
	PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS	UNIDAD	Vaso precipitado 1	Vaso precipitado 2	Vaso precipitado 3
			Valor	Valor	Valor
	Color	Color verdadero escala Pt/Co	45.00	45.00	45.00
	Turbiedad	UNT	46.57	48.56	45.65
	Olor	Factor de dilución a 25° C	4.00	4.00	4.00

	Potencial de Hidrógeno pH	Unidad de pH	7.89	7.92	7.85
	Oxígeno disuelto (OD)	mg/L	6.57	6.85	6.88
	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	19.75	19.83	19.65
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	4.61	4.63	4.59
Con carbón activado con cloruro de zinc	PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS	UNIDAD	Vaso precipitado 1	Vaso precipitado 2	Vaso precipitado 3
			Valor	VALOR	VALOR
	Color	Color verdadero escala Pt/Co	5.00	5.00	5.00
	Turbiedad	UNT	25.09	24.97	25.03
	Olor	Factor de dilución a 25° C	0.00	0.00	0.00
	Potencial de Hidrógeno pH	Unidad de pH	7.12	7.06	7.13
	Oxígeno disuelto (OD)	mg/L	0.75	0.78	0.94
	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	17.83	17.67	17.85
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	4.16	4.13	4.17

Fuente: (D.S. 004-2017-MINAM)

ANEXO 13

RESULTADOS DE LABORATORIO DEL ANÁLISIS DE AGUA

PRE TEST Y POST TEST

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN - HUÁNUCO
UNIDAD CENTRAL DE LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN
CENTRO DE ANALISIS Y ENSAYOS
"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

INFORME CAE N° 035-CAE/2025

RESULTADO

DIRECCIÓN	AV. UNIVERSITARIA
DISTRITO	PILCO MARCA
PROVINCIA	HUANUCO
DEPARTAMENTO	HUANUCO
TELEFONO	963 706 431
E-MAIL	analisisyensayos.unheval@gmail.com

DATOS DEL CLIENTE

INSTITUCIÓN	"COMPARACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL CARBÓN ACTIVADO DE SEMILLAS DE POROGSA (Passiflora tripartita) ACTIVADO QUÍMICAMENTE CON DIFERENTES AGENTES EN PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS DEL AGUA DEL RÍO ACO, HUÁNUCO -2025"
MUESTRA	AGUA DEL RÍO ACO, HUÁNUCO
SOLICITANTE	YETWANIN YENINA CLAUDIO HERMOSILLA
CORREO	yetwaninch20@gmail.com

RESULTADOS FÍSICO QUÍMICO DE AGUA SIN CARBÓN ACTIVADO

Fecha 27/03/2025

ENSAYO	MÉTODO DE ENSAYO	CODIGO DE MUESTRA	RESULTADOS	RESULTADO TOTAL PROMEDIO
Parámetros físicos químico				
COLOR	PCV escala Pt/Co	R1	0.00	0.00
		R2	0.00	
		R3	0.00	
OLOR	Método 2150B	R1	0.00	0=Sin olor detectable
		R2	0.00	
		R3	0.00	
TURBIDEZ	TURBIDIMÉTRICO (NTU)	R1	70.69	72.32
		R2	74.12	
		R3	72.15	
pH	ELECTROMÉTRICO	R1	8.02	8.10
		R2	8.22	
		R3	8.05	
Oxígeno disuelto OD (mg/L)	ELECTROMÉTRICO	R1	6.78	6.82
		R2	6.89	
		R3	6.79	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)	DBO5 = (OD inicial – OD final)	R1	4.69	4.73
		R2	4.81	
		R3	4.71	
Demanda Química de Oxígeno (mg/L)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 O, 23rd Ed 2017	R1	20.07	20.27
		R2	20.58	
		R3	20.15	

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN - HUÁNUCO
UNIDAD CENTRAL DE LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN
CENTRO DE ANALISIS Y ENSAYOS
"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

RESULTADOS FÍSICO QUÍMICO CON carbón activado con Cloruro de Zinc ($ZnCl_2$)

Fecha 27/03/2025

ENSAYO	MÉTODO DE ENSAYO	CODIGO DE MUESTRA	RESULTADOS	RESULTADO TOTAL PROMEDIO
Parámetros físicos químico				
COLOR	UCV escala Pt/Co	R1	5.00	5.00
		R2	5.00	
		R3	5.00	
OLOR	Método 2150B	R1	0.00	0=Sin olor detectable
		R2	0.00	
		R3	0.00	
TURBIDEZ (NTU)	TUBIDIMETRICO	R1	25.09	25.03
		R2	24.97	
		R3	25.03	
pH	ELECTROMÉTRICO	R1	7.12	7.10
		R2	7.06	
		R3	7.13	
Oxígeno disuelto OD (mg/L)	ELECTROMÉTRICO	R1	0.75	0.82
		R2	0.78	
		R3	0.94	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)	DBO5 = (OD inicial – OD final)	R1	4.16	4.15
		R2	4.13	
		R3	4.17	
Demanda Química de Oxígeno (mg/L)	SMEWW-APHA AWWA-WEF Part 5220 O, 23rd Ed 2017	R1	17.83	17.78
		R2	17.67	
		R3	17.85	

RESULTADOS FÍSICO QUÍMICO CON carbón activado con Ácido fosfórico (H_3PO_4)

Fecha 27/03/2025

ENSAYO	MÉTODO DE ENSAYO	CODIGO DE MUESTRA	RESULTADOS	RESULTADO TOTAL PROMEDIO
Parámetros físicos químico				
COLOR	UCV escala Pt/Co	R1	10.00	10.00
		R2	10.00	
		R3	10.00	
OLOR	Método 2150B	R1	0.00	0=Sin olor detectable
		R2	0.00	
		R3	0.00	
TURBIDEZ (NTU)	TUBIDIMETRICO	R1	21.73	21.72
		R2	22.34	
		R3	21.08	
pH	ELECTROMÉTRICO	R1	6.91	6.91
		R2	6.98	
		R3	6.84	
Oxígeno disuelto OD (mg/L)	ELECTROMÉTRICO	R1	0.04	0.05
		R2	0.08	
		R3	0.05	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)		R1	4.04	4.04
		R2	4.08	

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN - HUÁNUCO
UNIDAD CENTRAL DE LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN
CENTRO DE ANALISIS Y ENSAYOS
"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

	DBO5 = (OD inicial – OD final)	R3	4.00	
Demanda Química de Oxígeno (mg/L)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 O, 23rd Ed 2017	R1	17.30	17.30
		R2	17.47	
		R3	17.12	

RESULTADOS FÍSICO QUÍMICO CON carbón activado con Hidróxido de Sodio (NaOH)

Fecha 27/03/2025

ENSAYO	MÉTODO DE ENSAYO	CODIGO DE MUESTRA	RESULTADOS	RESULTADO TOTAL PROMEDIO
Parámetros físicos químico				
COLOR	UCV escala Pt/Co	R1	45.00	45.00
		R2	45.00	
		R3	45.00	
OLOR	Método 2150B	R1	4.00	0=Olor moderado
		R2	4.00	
		R3	4.00	
TURBIDEZ (NTU)	TURBIDIMETRICO	R1	46.57	46.93
		R2	48.56	
		R3	45.65	
pH	ELECTROMETRICO	R1	7.89	7.89
		R2	7.92	
		R3	7.85	
Oxígeno disuelto OD (mg/L)	ELECTROMETRICO	R1	6.57	6.77
		R2	6.85	
		R3	6.88	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)	DBO5 = (OD inicial – OD final)	R1	4.61	4.61
		R2	4.63	
		R3	4.59	
Demanda Química de Oxígeno (mg/L)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 O, 23rd Ed 2017	R1	19.75	19.74
		R2	19.83	
		R3	19.65	

Nota:

OBSERVACIONES:

1. El centro de análisis y ensayos no se responsabiliza de la muestra, ya que el muestreo y los envases fueron elegidos por el cliente.
2. La muestra ingreso al Centro de Análisis y Ensayos - fecha: 27-03-2025
3. Este informe no debe ser reproducido total o parcialmente sin la aprobación escrita del Centro de Análisis y Ensayos de la UNHEVAL.

Huánuco, 24 de Junio del 2025



ING. GIZETH KLEIDY DAZA CONDEZO
JEFE DEL CENTRO DE ANALISIS Y ENSAYOS - UNHEVAL

ANEXO 14
COMPARACIÓN DE PRE TEST Y POS TEST

PARÁMETROS	UNIDAD	PRE TEST	POS TEST			
		UNIDAD DE ANÁLISIS				
Fisicoquímicos		1	¹ (H_3PO_4)	² ($NaOH$)	³ ($ZnCl_2$)	
Color	Color verdadero escala Pt/Co	0.00	10.00	45.00	5.00	
Turbiedad	UNT	72.32	21.72	46.93	25.03	
Olor	Factor de dilución a 25° C	0.00	0.00	0.00	0.00	
Potencial de Hidrógeno pH	Unidad de pH	8.10	6.91	7.89	7.10	
Oxígeno disuelto (OD)	mg/L	6.82	0.05	6.77	0.82	
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	20.27	17.30	19.74	17.78	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	4.73	4.04	4.61	4.15	

ANEXO 15

FICHA N°6 COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS FISCOQUÍMICOS SEGÚN ECA DEL AGUA

Categoría 1: poblacional y recreacional. Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación.	Parámetro	Unidad	ECA B1	Nivel de cumplimiento	
			Contacto Primario	Si	No
	Fisicoquímicos				
Sin Carbón activado	Color	Color verdadero escala Pt/Co	Sin cambio normal	✓	
	Turbiedad	UNT	100	✓	
	Olor	Factor de dilución a 25° C	Aceptable	✓	
	Potencial de Hidrógeno pH	Unidad de pH	6,0 a 9,0	✓	
	Oxígeno disuelto (OD)	mg/L	≥ 5	✓	
	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	30	✓	
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	5	✓	
Con carbón activado con ácidos fosfórico	Color	Color verdadero escala Pt/Co	Sin cambio normal	✓	
	Turbiedad	UNT	100	✓	
	Olor	Factor de dilución a 25° C	Aceptable	✓	
	Potencial de Hidrógeno pH	Unidad de pH	6,0 a 9,0	✓	
	Oxígeno disuelto (OD)	mg/L	≥ 5		✓
	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	30	✓	

Con carbón activado con hidróxido de sodio	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	5	✓	
	Color	Color verdadero escala Pt/Co	Sin cambio normal	✓	
	Turbiedad	UNT	100	✓	
	Olor	Factor de dilución a 25° C	Aceptable	✓	
	Potencial de Hidrógeno pH	Unidad de pH	6,0 a 9,0	✓	
	Oxígeno disuelto (OD)	mg/L	≥ 5	✓	
	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	30	✓	
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	5	✓	
Con carbón activado con cloruro de zinc	Color	Color verdadero escala Pt/Co	Sin cambio normal	✓	
	Turbiedad	UNT	100	✓	
	Olor	Factor de dilución a 25° C	Aceptable	✓	
	Potencial de Hidrógeno pH	Unidad de pH	6,0 a 9,0	✓	
	Oxígeno disuelto (OD)	mg/L	≥ 5		✓
	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	30	✓	
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	5	✓	

Fuente: D.S. 004-2017-MINAM. (2017).

ANEXO 16

PANEL FOTOGRÁFICO

Fotografía 1

Extracción de la pulpa de la fruta Porogsa



Fotografía 2

Remojado de la pulpa que contiene las semillas de Porogsa



Fotografía 3

Lavado y separación de la pulpa para la obtención de las semillas de porogsa



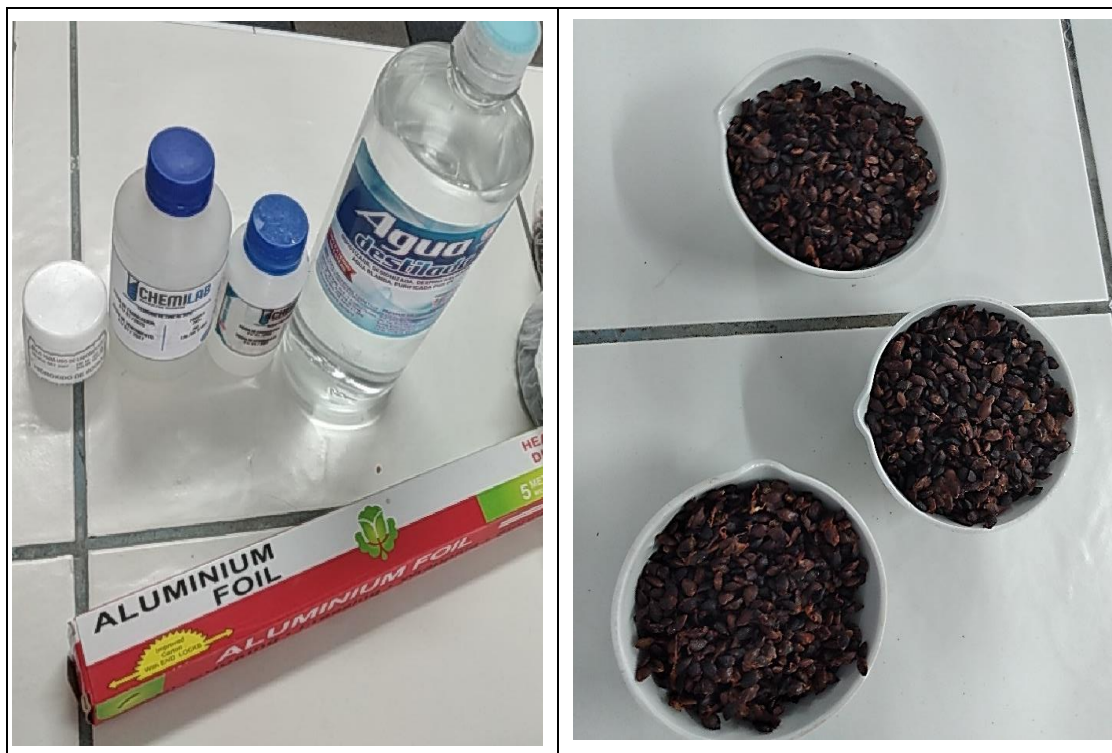
Fotografía 4

Secado de las semillas de Porogsa a temperatura ambiente



Fotografía 5

Reactivos, agua destilada, papel aluminio y materia prima (semillas de porogsa) para la carbonización y activación en el Laboratorio de Investigación de la Universidad de Huánuco



Fotografía 6

Carbonización de las semillas de porogsa (peso inicial de 750 gr) en 2 tiempos de 1 hora a 200 °C



Fotografía 7

Visita Técnica del Mg. Frank Cámara Llanos y asesor de Tesis el Ing. Joel Gámez Penadillo en el Laboratorio de Investigación de la Universidad de Huánuco



Fotografía 8

Enfriamiento de las semillas de poroga carbonizado a temperatura ambiente



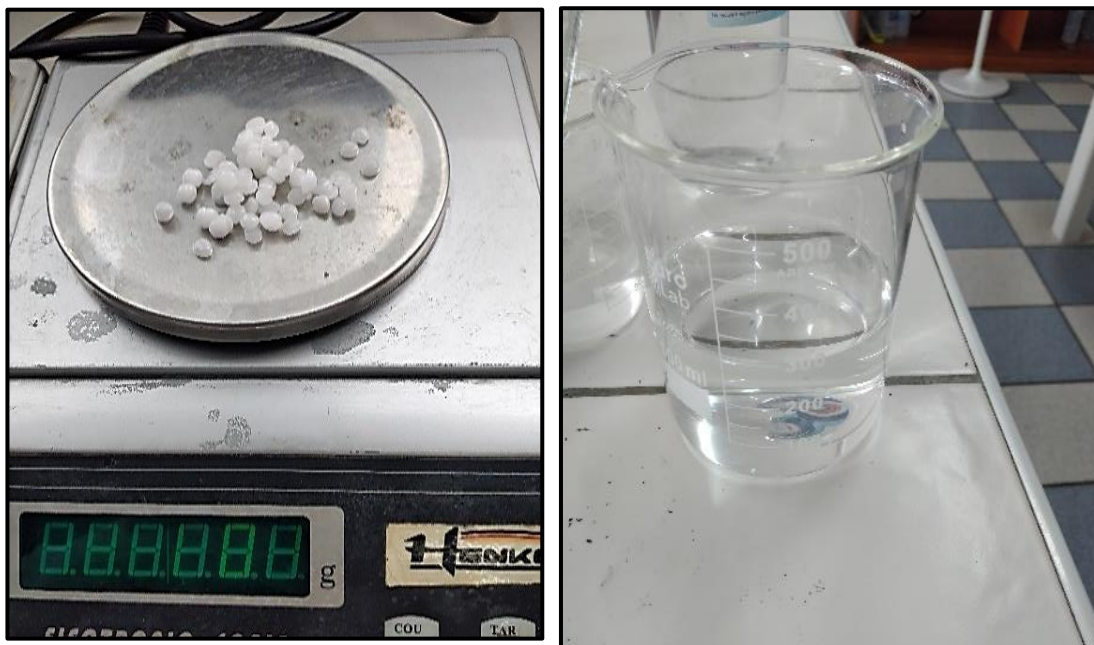
Fotografía 9

Pesado de las semillas de poroga carbonizada (520. 84 gr)



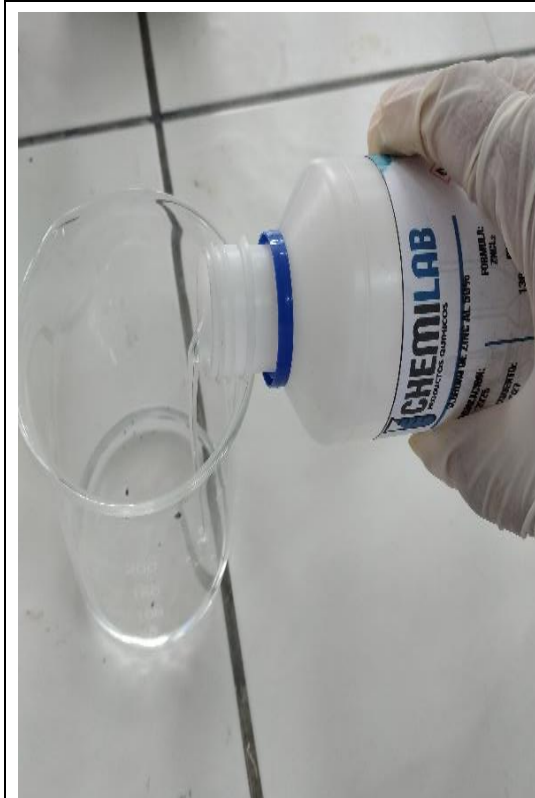
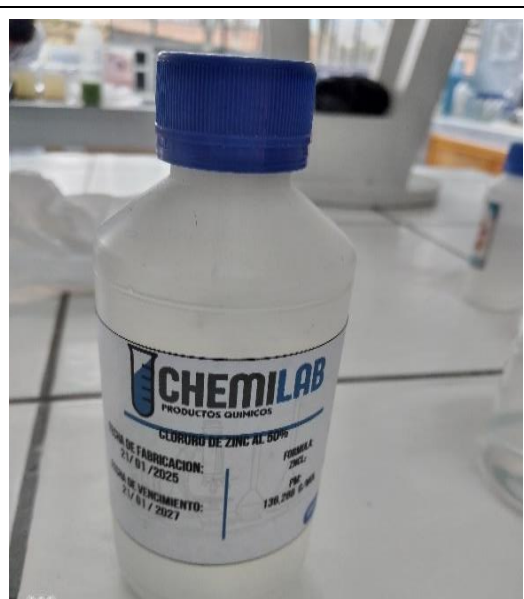
Fotografía 10

Preparación del agente activante Hidróxido de Sodio en solución (12 gr:100 ml de agua destilada)



Fotografía 11

Pesado y activación del carbón de las semillas de poroga con los agentes químicos (NaOH al 12%, H₃PO₄ al 85%, ZnCl₂ al 50%)



Fotografía 12

Colocación del papel aluminio en los vasos precipitados que contiene el carbón de las semillas de poroga y la solución para su activación, dejar reposar por 24 horas



Fotografía 13

Lavado del carbón activado con agua destilada



Fotografía 14

Secado final del carbón activado hora en horno eléctrico a 60°C en 2 tiempos, cada tiempo por 30 minutos



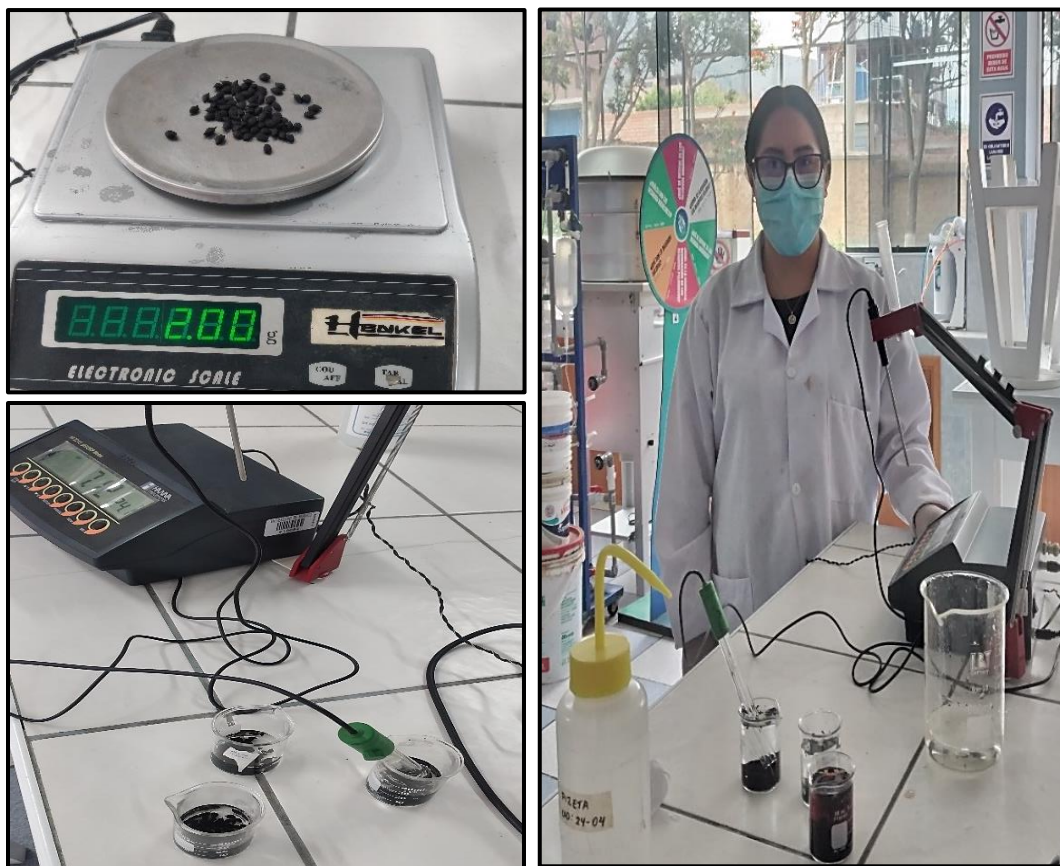
Fotografía 15

Obtención del carbón activado químicamente con (NaOH, H₃PO₄, ZnCl₂)



Fotografía 16

Pesado y medición de pH del carbón activado de semillas de poroga



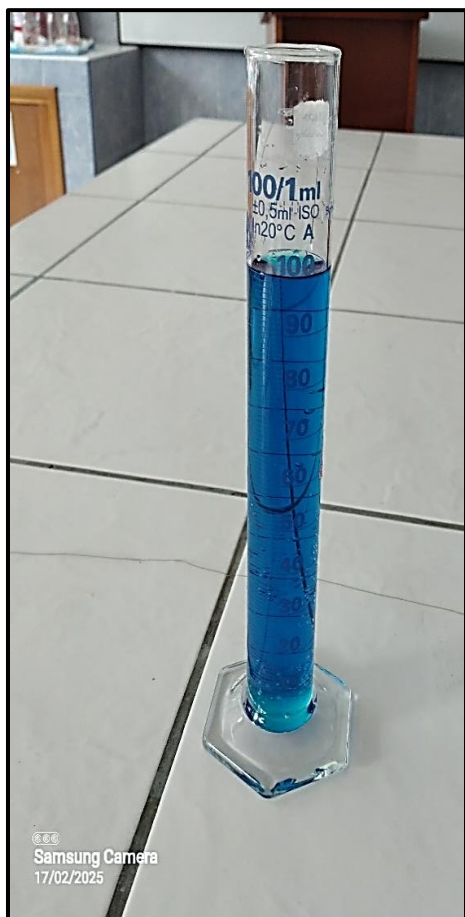
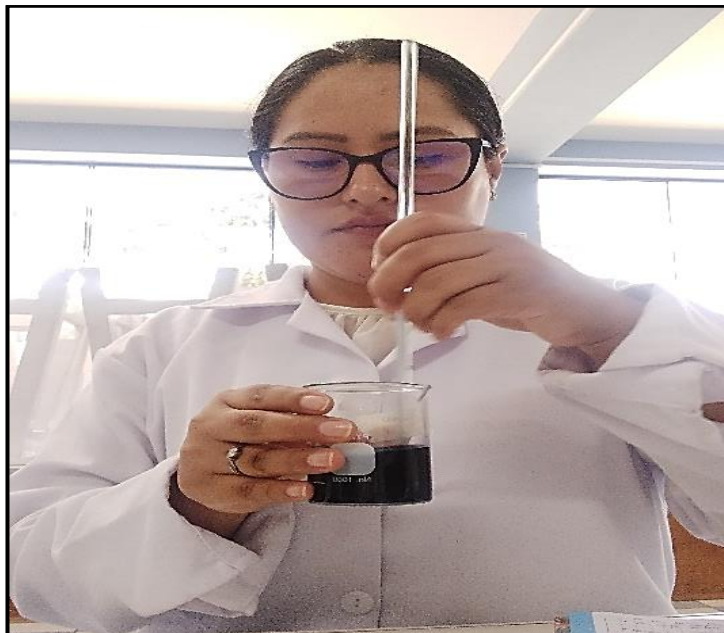
Fotografía 17

Medición de la densidad del carbón activado de las semillas de poroga



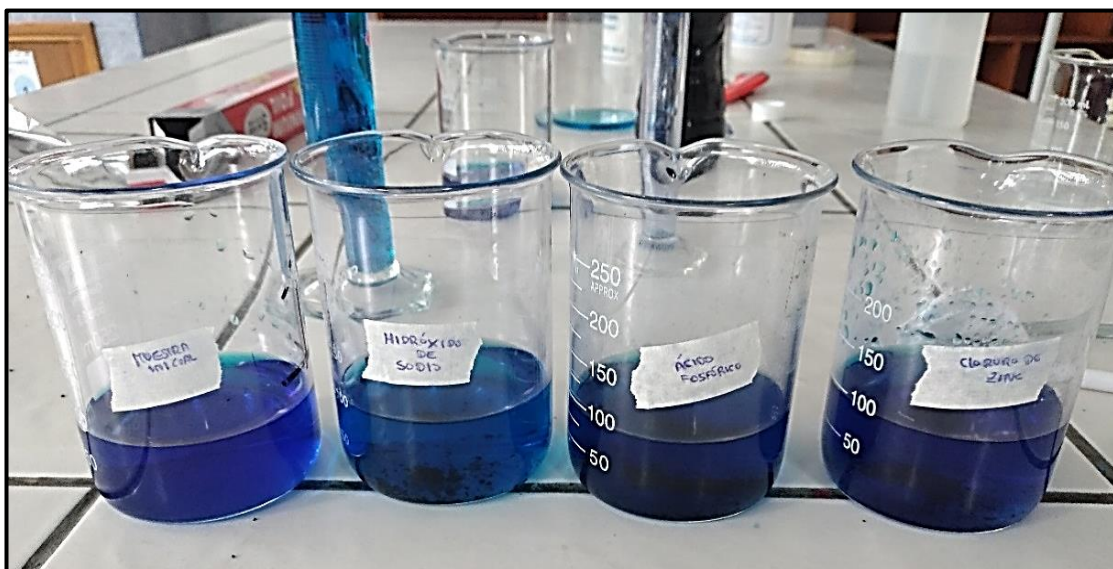
Fotografía 18

Preparación de la muestra madre con azul de metileno en probeta de 100 ml, luego se vierte en 1 vaso precipitado de 500 ml y se añade agua destilada hasta obtener los 500 ml de muestra madre de con azul de metileno.



Fotografía 19

Añadir 100 ml de azul de metileno desde la muestra madre en 4 vasos precipitados (muestra inicial, NaOH, H_3PO_4 , $ZnCl_2$), luego se añade carbón activado 0.1 gr



Fotografía 20

Se colocó los 4 vasos precipitado (muestra inicial, NaOH, H_3PO_4 , $ZnCl_2$) un por uno en el agitador magnético a 400 rpm por 1 hora



Fotografía 21

Colocación de las muestras en cubitos para la lectura del azul de metileno en el espectrofotómetro



Fotografía 22

Materiales (cooler, balde, botellas, cinta, tijera, cinta métrica, hielo) para la toma de muestra del agua superficial (Río Aco)



Fotografía 23

Medición del parámetro in situ



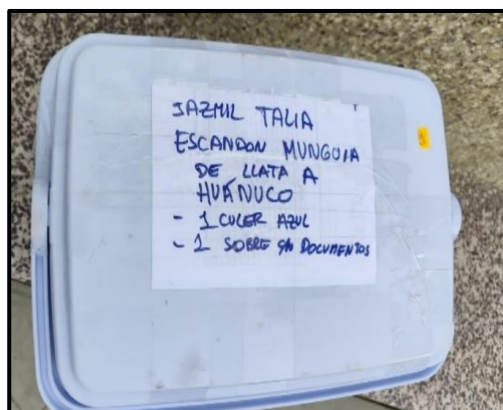
Fotografía 24

Toma de muestras del agua superficial



Fotografía 25

Muestra de agua recolectada pre test y pos test y envió a la asistente del laboratorio de la UNHEVAL y documentos requeridos por el laboratorio



Fotografía 26

Pesado, adición del carbón activado y análisis del agua con la intervención del carbón activado de las semillas de porogsa con (NaOH , H_3PO_4 , ZnCl_2) realizado por el laboratorio de la UNHEVAL



