

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

“Comparación de la eficacia de un filtro a base de carbón activado de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) y uva (*Vitis vinífera*) para mejorar la calidad de las aguas residuales domesticas en Amarilis - Huánuco - 2025”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL
DE INGENIERA AMBIENTAL

AUTORA: Erazo Mejía, Fiorella Arlet

ASESOR: Camara Llanos, Frank Erick

HUÁNUCO – PERÚ

2025

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

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

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Biotecnología y Nanotecnología

AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniera, Tecnología

Sub área: Biotecnología ambiental

Disciplina: Biotecnología ambiental

DATOS DEL PROGRAMA: Ingeniería ambiental

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): 71709019

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 44287920

Grado/Título: Maestro en ciencias de la salud con mención en: salud pública y docencia universitaria

Código ORCID: 0000-0001- 9180-7405

DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Calixto Vargas, Edmundo Simeón	Maestro en administración de la educación	22471306	0000-0002-5114-4114
2	Bonifacio Munguia, Jonathan Oscar	Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental	46378040	0000-0002-3013-8532
3	Valdivia Martel, Perfecta Sofia	Maestro en ingeniería con mención en: gestión ambiental y desarrollo sostenible	43616954	0000-0002-7194-3714



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 12:00 horas del día 18 del mes de diciembre del año 2025, 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:

- Mg. Simeon Edmundo Calixto Vargas (Presidente)
- Mg. Jonathan Oscar Bonifacio Munguia (Secretario)
- Mg. Perfecta Sofia Valdivia Martel (Vocal)

Nombrados mediante la **Resolución N° 2840-2025-D-FI-UDH** para evaluar la Tesis intitulada: **"COMPARACIÓN DE LA EFICACIA DE UN FILTRO A BASE DE CARBÓN ACTIVADO DE EUCALIPTO (*Eucalyptus globulus*) Y UVA (*Vitis vinífera*) PARA MEJORAR LA CALIDAD DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS EN AMARILIS - HUÁNUCO - 2025"**, presentado por el (la) Bach. **ERAZO MEJIA, FIORELLA ARLET** 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) aprobado Por unanimidad con el calificativo cuantitativo de 15 y cualitativo de bueno (Art. 47)

Siendo las 13:00 horas del día 18 del mes de diciembre del año 2025, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

Mg. Simeon Edmundo Calixto Vargas
DNI: 22471306
ORCID: 0000-0002-5114-4114
Presidente

Mg. Jonathan Oscar Bonifacio Munguia
DNI: 46378040
ORCID: 0000-0002-3013-8532
Secretario

Mg. Perfecta Sofia Valdivia Martel
DNI: 43616954
ORCID: 0000-0002-7194-3714
Vocal



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: FIORELLA ARLET ERAZO MEJÍA, de la investigación titulada "COMPARACIÓN DE LA EFICACIA DE UN FILTRO A BASE DE CARBÓN ACTIVADO DE EUCALIPTO (EUCALYPTUS GLOBULUS) Y UVA (VITIS VINÍFERA) PARA MEJORAR LA CALIDAD DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS EN AMARILIS - HUÁNUCO - 2025", con asesor(a) FRANK ERICK CÁMARA LLANOS, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 1072-2024-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA AMBIENTAL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 16 % 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, 03 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

2. Fiorella Arlet ERAZO MEJIA.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

16%

INDICE DE SIMILITUD

16%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

2%

2

repositorio.udh.edu.pe

Fuente de Internet

2%

3

Submitted to Universidad Nacional de
Colombia

Trabajo del estudiante

1%

4

docplayer.es

Fuente de Internet

1%

5

repositorio.upsc.edu.pe

Fuente de Internet

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

En primer lugar, ofrezco esta obra a Dios, quien ha sido mi guía, mi fortaleza y la claridad que iluminó cada etapa de este proceso.

Dirijo igualmente este trabajo, con profundo afecto y agradecimiento, a mis padres, Javier Víctor Erazo Gutiérrez y Andrea Dévora Mejía Urrutia, cuyo apoyo permanente, amor sin límites y valiosas enseñanzas han sostenido mi formación y mi desarrollo personal. Extiendo también esta dedicatoria a mis hermanos de corazón, Elaine, Soledad y Antony, cuya compañía, amistad y aliento constante se han convertido en un soporte esencial, dándome ánimo y energía a lo largo de mi trayectoria académica. Este resultado es, sin duda, el reflejo del impulso, la confianza y la inspiración que cada uno de ustedes me ha entregado.

AGRADECIMIENTOS

A mi universidad de Universidad de Huánuco, a la Facultad de Ingeniería y a la Escuela de Ingeniería Ambiental, así como a sus docentes, por la sólida formación que me brindaron.

A mi asesor de tesis, por su paciencia, orientación experta y motivación constante, que fueron fundamentales para el desarrollo y culminación de este trabajo.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS	III
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
RESUMEN	XI
ABSTRACT	XII
INTRODUCCIÓN	XIII
CAPÍTULO I	14
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	14
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	14
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	16
1.2.1 PROBLEMA GENERAL	16
1.2.2 PROBLEMA ESPECÍFICO	16
1.3 OBJETIVO GENERAL	17
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	17
1.6 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	18
1.7 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	19
CAPÍTULO II	20

MARCO TEÓRICO	20
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	20
2.2. BASES TEÓRICAS.....	30
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES	76
2.4 HIPÓTESIS	77
2.5. VARIABLES	78
2.5.1. VARIABLE DE CALIBRACION	78
2.5.2. VARIABLE EVALUATIVA	78
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES (DIMENSIONES E INDICADORES)	79
CAPÍTULO III	80
MÉTODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	80
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	80
3.1.1. ENFOQUE.	80
3.1.2. ALCANCE O NIVEL	81
3.1.3 DISEÑO	82
3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	83
3.2.1 POBLACION	84
3.1.2 MUESTRA.....	84

3.3 TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	93
CAPÍTULO IV.....	91
RESULTADOS.....	91
4.1 PROCESAMIENTO DE DATOS.....	91
4.2 ESTADISTICO INFERENCIAL Y CONTRASTACION DE HIPOTESIS	108
CAPITULO V.....	111
DISCUSION DE RESULTADOS.....	111
CONCLUSIONES	114
RECOMENDACIONES.....	116
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	117
ANEXOS	129

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Parámetros de clasificación	37
Tabla 2	Medios filtrantes y filtros industriales	39
Tabla 3	La composición química del carbón activado.....	51
Tabla 4	Taxonomía del eucalipto	52
Tabla 5	Taxonomía de la uva.....	55
Tabla 6	Parámetros físicos, químicos y biológicos	65
Tabla 7	Operacionalización de variables	79
Tabla 8	Localización de la población	84
Tabla 9	Técnicas instrumentos	84
Tabla 10	Resultados de los parámetros físicos de la muestra testigo	91
Tabla 11	Resultados de los parámetros químicos de la muestra testigo	92
Tabla 12	Resultados de los parámetros químicos de la muestra testigo	93
Tabla 13	Resultados de los parámetros físicos del tratamiento 1	93
Tabla 14	Resultados de los parámetros químicos del tratamiento 1.....	95
Tabla 15	Resultados de los parámetros microbiológicos del tratamiento 1	96
Tabla 16	Resultados de los parámetros físicos del tratamiento 2.....	98
Tabla 17	Resultados de los parámetros químicos del tratamiento 2.....	100
Tabla 18	Resultados de los parámetros químicos del tratamiento 2.....	101

Tabla 19 Resultados de la eficacia agua – uva	103
Tabla 20 Resultados de la eficacia agua - eucalipto.....	103
Tabla 21 Resultados de la comparación de la eficacia de la uva - eucalipto	104
Tabla 22 Resultados de la eficacia agua – uva	105
Tabla 23 Resultados de la eficacia agua – eucalipto.....	105
Tabla 24 Resultados de la comparación de la eficacia de los parámetros químicos uva – eucalipto	106
Tabla 25 Resultados de la eficacia agua – uva	106
Tabla 26 Resultados de la eficacia agua – eucalipto.....	107
Tabla 27 Resultados de la eficacia agua – eucalipto.....	107
Tabla 28 Prueba de normalidad de la uva	108
Tabla 29 Prueba de normalidad del eucalipto.....	108
Tabla 30 Prueba de T de student de muestras emparejadas	109

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Estructura de un filtro de grava	31
Figura 2 Estructura de un filtro de bio - arena.....	32
Figura 3 Estructura de un filtro de carbón	33
Figura 4 Carbón activado.....	43
Figura 5 Estructura del carbón activado	44
Figura 6 Eucalyptus globulus	54
Figura 7 Uva (Vitis vinifera).....	56
Figura 8 La escala de medida del Ph.....	73
Figura 9 Representación gráfica del diseño.....	83
Figura 10 Materia prima cortada en papel aluminio	86
Figura 11 Colocación de la materia prima en el horno.....	87
Figura 12 Trabajo con el asesor en el laboratorio	87
Figura 13 Materia prima carbonizada y molida	88
Figura 14 Materia carbonizada y tamizada	88
Figura 15 Activación química del carbón activado	89
Figura16 Representación gráfica del diseño.....	91
Figura 17 Filtros caseros	92
Figura 18 Variación de los parámetros físicos (Ph, temperatura, aceites y grasas).....	94

Figura 19 Variación de los parámetros físicos (Solidos totales en suspensión)	95
Figura 20 Variación de los parámetros químicos	96
Figura 21 Variación de los parámetros microbiológicos	97
Figura 22 Variación de los parámetros físicos (Ph, temperatura, aceites y grasas)	99
Figura 23 Variación de solidos totales en suspensión	100
Figura 24 Variación de los parámetros químicos	101
Figura 25 Variación de los parámetros químicos	102

RESUMEN

La investigación tuvo como finalidad comparar el rendimiento de dos filtros elaborados con carbón activado producido a partir de residuos de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) y de uva (*Vitis vinífera*) para mejorar la calidad de las aguas residuales domésticas del distrito de Amarilis, provincia y departamento de Huánuco, en el año 2024. El estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, de tipo aplicado y con un diseño experimental verdadero conformado por dos grupos intervenidos. Para el tratamiento se empleó carbón activado obtenido de restos de uva (Grupo Experimental 1) y de eucalipto (Grupo Experimental 2). La población estuvo integrada por aguas residuales con presencia de coliformes termotolerantes, grasas, aceites y sólidos suspendidos, provenientes del punto de descarga ubicado entre Jr. Malecón A.R y Seichi Izumi. La muestra correspondió a 20 litros recolectados del mismo punto. En el análisis se consideraron parámetros microbiológicos (coliformes termotolerantes) y físicos (pH, temperatura, sólidos totales en suspensión, aceites y grasas). Los resultados evidenciaron que ambos sistemas de filtración mejoraron la calidad del agua tratada; sin embargo, el carbón activado elaborado con eucalipto presentó mayor eficiencia global. En los parámetros físicos, la reducción de sólidos totales suspendidos y aceites y grasas alcanzó 8.52 % y 71.02 %, frente a 3.4 % y 71.02 % obtenidos con el carbón de uva. Respecto a los parámetros químicos, la disminución de la Demanda Química de Oxígeno y la Demanda Bioquímica de Oxígeno fue de 57.83 % y 46.06 % con eucalipto, frente a 49.82 % y 0.22 % con uva. En cuanto a los parámetros microbiológicos, la eficiencia alcanzó 30.09 % para el filtro de eucalipto y 18.34 % para el de uva. La prueba T de Student obtuvo un valor de 0.04, confirmando diferencia significativa entre ambos tratamientos y permitiendo aceptar la hipótesis alternativa.

Palabras clave: carbón activado, activación química, tratamiento de aguas residuales, eucalipto, uva, filtración.

ABSTRACT

The objective of this research was to compare the performance of two filters made with activated carbon produced from eucalyptus (*Eucalyptus globulus*) and grape (*Vitis vinífera*) residues to improve the quality of domestic wastewater in the district of Amarilis, province and department of Huánuco, in 2024. The study was developed under a quantitative approach, applied in nature, and using a true experimental design consisting of two intervention groups. For the treatment process, activated carbon obtained from grape residues (Experimental Group 1) and from eucalyptus residues (Experimental Group 2) was used. The population consisted of wastewater containing thermotolerant coliforms, fats, oils, and suspended solids, discharged at the point located between Jr. Malecón A.R and Seichi Izumi. The sample consisted of 20 liters collected from the same discharge point. The analysis considered microbiological parameters (thermotolerant coliforms) and physical parameters (pH, temperature, total suspended solids, oils, and fats). The results showed that both filtration systems improved the quality of the treated water; however, the activated carbon derived from eucalyptus demonstrated greater overall efficiency. For physical parameters, the reduction of total suspended solids and oils and fats reached 8.52% and 71.02%, compared to 3.4% and 71.02% obtained with grape-based carbon. Regarding chemical indicators, the reduction of Chemical Oxygen Demand and Biochemical Oxygen Demand was 57.83% and 46.06% with eucalyptus, compared to 49.82% and 0.22% with grape. For microbiological parameters, efficiency reached 30.09% for the eucalyptus filter and 18.34% for the grape filter. The Student's t-test yielded a value of 0.04, confirming a significant difference between both treatments and allowing acceptance of the alternative hypothesis.

Keywords: activated carbon, chemical activation, wastewater treatment, eucalyptus, grape, filtration.

INTRODUCCIÓN

La descarga de aguas residuales de origen doméstico sin un tratamiento previo se ha convertido en un factor de riesgo ambiental y sanitario en distintas localidades del territorio peruano, entre ellas el distrito de Amarilis, en la región Huánuco. Estos efluentes contienen mezclas de sustancias y microorganismos que, al llegar a los cuerpos hídricos, deterioran su calidad, favorecen la transmisión de enfermedades y modifican el equilibrio natural de los ecosistemas acuáticos. Frente a esta problemática, surge la necesidad de promover alternativas de tratamiento que sean accesibles, adecuadas para el contexto local y compatible con la protección del medio ambiente y la salud de la población.

La ausencia de procesos de depuración en la ciudad de Huánuco, donde una considerable cantidad de aguas usadas es desechada directamente, motivó la realización del presente trabajo. Esta realidad demuestra que muchas familias desconocen opciones simples para disminuir la carga contaminante antes de desechar el agua. En este sentido, la investigación busca aportar información que permita fomentar prácticas domésticas de tratamiento y reutilización, contribuyendo a reducir el impacto sobre cursos de agua como los ríos Huallaga e Higuera.

El propósito del estudio fue analizar y comparar el funcionamiento de filtros elaborados con carbón activado obtenido de restos de eucalipto y de uva para mejorar la calidad del agua residual doméstica en Amarilis durante el año 2025. Se midieron parámetros físicos, químicos y microbiológicos con el fin de determinar el nivel de eliminación de contaminantes. Los resultados demostraron que el carbón activado procedente del eucalipto presentó un desempeño más favorable que el de uva, especialmente en los indicadores químicos vinculados al proceso de purificación del agua.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El concepto de aguas residuales hace referencia al agua que ha perdido sus condiciones originales como consecuencia de diversas actividades humanas. Este término no incluye a las aguas que, por razones naturales, no son aptas para el consumo, ni aquellas que, pese a haber sido modificadas por la acción humana, continúan siendo potables. Organismos internacionales han señalado que las aguas residuales forman parte del ciclo hídrico y deben considerarse en todas sus etapas de gestión, desde la captación, utilización y transporte, hasta su recolección, tratamiento, posible reaprovechamiento y retorno al ambiente.

Las aguas residuales tienen múltiples orígenes y pueden clasificarse según diferentes criterios, como su composición química, la presencia de microorganismos o el tipo de mezcla entre sólidos y líquidos. No obstante, la forma más común de ordenarlas es de acuerdo con su procedencia. Las fuentes vinculadas a asentamientos humanos pueden englobar descargas domésticas, industriales, institucionales, agrícolas y pecuarias, así como escorrentías contaminadas por precipitaciones atmosféricas. Dentro de estas categorías, las aguas residuales domésticas son las que se generan en viviendas, comercios y espacios urbanos, caracterizándose por contener materia orgánica, sedimentos y microorganismos patógenos derivados del uso cotidiano del agua en actividades como higiene, cocina, limpieza y evacuación.

La composición de este tipo de efluentes es diversa e incluye agentes infecciosos, sustancias químicas y compuestos tóxicos. Tras su utilización, estas aguas son vertidas y se convierten en un riesgo para la salud y el entorno natural debido a la carga microbiana y contaminante que contienen. Un porcentaje considerable es descargado directamente en ríos, lagos u otros

cuerpos naturales sin procesos de depuración previos. Informes internacionales estiman que cerca de la mayoría de las aguas residuales retornan al ambiente sin tratamiento, lo que representa uno de los desafíos más críticos en la gestión hídrica actual.

Si bien existen normativas como los Estándares de Calidad Ambiental y los Límites Máximos Permisibles destinados a mitigar los impactos, los niveles de cumplimiento siguen siendo bajos. Estudios nacionales han evidenciado que solo una mínima proporción de plantas de tratamiento opera conforme a la regulación vigente. Asimismo, registros oficiales indican que el país genera grandes volúmenes de aguas residuales al día, de las cuales apenas una parte recibe tratamiento adecuado, mientras que el resto es descargado sin control, afectando cuerpos hídricos, desperdiciando recursos aprovechables y limitando el uso circular del agua.

Esta situación favorece la transmisión de enfermedades, el deterioro de ecosistemas y la reducción de la biodiversidad acuática. En la región de Huánuco, la problemática es similar, ya que no se cuenta con plantas de tratamiento funcionales a escala urbana. Como consecuencia, las descargas domésticas terminan directamente en los ríos Huallaga e Higuera, generando olores desagradables y riesgos sanitarios.

El proyecto planteado busca aportar conocimientos prácticos para aplicar un tratamiento sencillo, empleando residuos lignocelulósicos como materia prima para producir carbón activado. La intención es reducir la carga contaminante antes de la descarga y, eventualmente, complementar procesos de tratamiento en infraestructura mayor. Su aplicación podría permitir la reutilización del agua en actividades como limpieza y riego, e incluso posibilitar su potabilización si es incorporado en etapas finales dentro de una planta de tratamiento.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es la eficacia de un filtro a base de carbón activado de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) y uva (*Vitis vinífera*) para mejorar la calidad de las aguas residuales domesticas en Amarilis - Huánuco - 2024?

1.2.2 PROBLEMA ESPECÍFICO

¿Cuál es la eficacia entre el filtro a base de carbón activado de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) y uva (*Vitis vinífera*) para los parámetros físicos de las aguas residuales domesticas en Amarilis - Huánuco - 2024?

¿Cuál es la eficacia entre el filtro a base de carbón activado de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) y uva (*Vitis vinífera*) para los parámetros químicos de las aguas residuales domesticas en Amarilis - Huánuco - 2024?

¿Cuál es la eficacia entre el filtro a base de carbón activado de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) y uva (*Vitis vinífera*) para los parámetros microbiológicos de las aguas residuales domesticas en Amarilis - Huánuco - 2024?

¿Los parámetros del agua residual pasada por el filtro a base de carbón activado de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) y uva (*Vitis vinífera*) se encuentra por debajo de lo establecido en Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales?

1.3 OBJETIVO GENERAL

Comparar la eficacia de un filtro a base de carbón activado de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) y uva (*Vitis vinífera*) para mejorar la calidad de las aguas residuales domésticas en Amarilis - Huánuco – 2024.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Conocer la eficacia entre el filtro a base de carbón activado de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) y uva (*Vitis vinífera*) para los parámetros físicos de las aguas residuales domesticas en Amarilis - Huánuco - 2024

Conocer la eficacia entre el filtro a base de carbón activado de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) y uva (*Vitis vinífera*) para los parámetros químicos de las aguas residuales domesticas en Amarilis - Huánuco - 2024

Conocer la eficacia entre el filtro a base de carbón activado de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) y uva (*Vitis vinífera*) para los parámetros microbiológicos de las aguas residuales domésticas en Amarilis - Huánuco - 2024

Demostrar si los parámetros del agua residual pasada por el filtro a base de carbón activado de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) y uva (*Vitis vinífera*) se encuentran por debajo de lo establecido en Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales

1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El estudio realizado es de suma importancia ya que me permitió adquirir conocimiento teórico sobre la producción de carbón activado químicamente realizándolo de forma simple sin la necesidad de mucha inversión, el carbón activado es un tema que ya se conoce, pero mayormente se trabajó en laboratorios todo el proceso de fabricación lo que hace que parezca difícil y que cualquier persona natural piense que es difícil realizarlo,

dando a conocer sobre el proceso que yo realizare a la población, ellos podrían realizarlo y así aplicarlo en el agua residual que generan , por ejemplo en las zonas rurales al hacer este producto podrían recuperar todo el agua que eliminan y mejorar sus condiciones y usarlo para el riego de sus sembríos, ya que por la situación económica hay lugares donde los pobladores no pueden regar sus sembríos por la falta de agua y estas simplemente mueren, de esta forma ellos estarían reciclando el agua y reusándolo .

Así mismo en la ciudad de Huánuco se genera gran cantidad de aguas residuales que son eliminadas sin previo tratamiento, ellos sin el conocimiento de las formas de eliminar los componentes contaminantes del agua son eliminados, este proyecto aportara conocimiento hacia la población y así reciclar el agua y tratarlas en sus hogares, aportando a disminuir la contaminación en el rio Huallaga y el rio Higuera.

Incluso trabajando a gran escala y aportando a otras investigaciones a buscar mecanismos para purificar o eliminar los contaminantes que ya están presentes en el Rio Huallaga o Higuera. Es muy importante buscar formas más complejas y de poca inversión que puedan trabajar las industrias para el tratamiento de las aguas residuales que generan. Ya que como es común en las industrias suelen eliminar directamente sin previo tratamiento grandes cantidades de aguas residuales a los cuerpos de agua naturales, sin un previo tratamiento con la excusa de que el proceso conlleva una gran inversión, busco que estas industrias conozcan a cerca del proceso a realizar este gran absorbente de contaminantes del agua residual así mitigar en algo la contaminación de los ríos y en lo posible que reciclen estas aguas y le den otro uso.

1.6 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

El desarrollo de esta investigación se circunscribió al análisis y mejora de la calidad del agua residual generada en viviendas y pequeñas actividades industriales, considerando que existen otros tipos de efluentes, como los procedentes de precipitaciones acidificadas, actividades pecuarias o usos

agrícolas, los cuales presentan características contaminantes distintas y concentraciones variables que no fueron abordadas en este trabajo.

En relación con el carbón activado, el estudio se centró exclusivamente en su obtención mediante un proceso de activación química, aun cuando existen otros métodos disponibles. Para la etapa de activación se empleó únicamente cloruro de zinc como agente deshidratante, pese a que existen otras sustancias que también han demostrado eficiencia en este procedimiento, pero no fueron consideradas debido al alcance definido, que se enfocó únicamente en el ácido fosfórico. Asimismo, la materia prima utilizada para producir el carbón activado se restringió a residuos de eucalipto y de madera procedente de uva, dejando fuera otras posibles fuentes lignocelulósicas que también podrían ser empleadas con fines similares.

1.7 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación desarrollada mostró condiciones favorables para su ejecución, debido a que el tema relacionado con el carbón activado ha sido abordado previamente en diversos estudios, lo que permitió disponer de antecedentes, referencias y sustento teórico suficiente para orientar el trabajo. Un aspecto ventajoso fue que la elaboración del carbón activado no requirió una inversión elevada, ya que los materiales y herramientas necesarios pueden obtenerse sin grandes costos. La construcción del horno, por ejemplo, solo demanda elementos básicos como ladrillos y cemento, y la adquisición de equipos como molinillo y tamiz no representa mayor dificultad.

Asimismo, se contó con el beneficio de obtener la materia prima sin costo alguno. Aunque el lugar de recolección se encuentra a cierta distancia, una sola visita resultó suficiente para reunir la cantidad necesaria para el proceso de producción. Del mismo modo, el espacio destinado para aplicar el carbón activado elaborado no presentó inconvenientes logísticos, puesto que se ubica en un ambiente accesible y perteneciente a un familiar, lo que facilitó el trabajo experimental y el seguimiento del proceso.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Antecedentes locales

Rojas (2022) desarrolló una investigación titulada Eficiencia de los filtros biológicos utilizando carbón de coco (*Cocos nucifera* L.) y plátano (*Musa paradisiaca* L.) en la depuración del río Huallaga, Huánuco – 2022, cuya finalidad fue analizar el grado de desempeño de dos sistemas de filtración biológica elaborados a partir de carbón producido con residuos de coco y de plátano, aplicados al tratamiento del agua del río Huallaga. El trabajo se enmarcó dentro de un diseño metodológico de naturaleza cuasi experimental, sustentado en el enfoque cuantitativo y orientado a la aplicación práctica, con el propósito de verificar la respuesta de los indicadores asociados a la calidad del agua. Los resultados obtenidos evidenciaron que ambos medios filtrantes mostraron un comportamiento semejante en el proceso de depuración del recurso hídrico, reflejando niveles comparables en los parámetros examinados, entre los que se incluyen conductividad eléctrica, concentración de sólidos disueltos, grado de turbidez, potencial de hidrógeno, así como indicadores de carga orgánica, tales como la demanda bioquímica y la demanda química de oxígeno, además de la presencia de coliformes totales y termo tolerantes. En función de estos hallazgos, el autor sostiene que los filtros biológicos basados en carbón elaborado a partir de coco y plátano representan una alternativa factible desde el punto de vista técnico para el mejoramiento de la calidad del agua del río Huallaga en el ámbito de Huánuco.

Antecedentes nacionales

En el trabajo elaborado por Ocaña y Quispe (2023), cuyo eje temático estuvo orientado al estudio del carbón activado producido a partir de biomasa leñosa de *Vitis vinífera* aplicado al tratamiento de aguas usadas en la zona de Cachiche, en la región Ica, se planteó analizar el comportamiento adsorptivo del material frente a diversos indicadores de deterioro del recurso hídrico. La investigación se fundamentó en el principio de que los residuos lignocelulósicos sometidos a procesos de carbonización y activación adquieren propiedades porosas capaces de retener compuestos orgánicos y microorganismos patógenos presentes en efluentes domésticos. Bajo este enfoque, se examinó el efecto de dos variables operativas: el tiempo de exposición del agua al adsorbente y la regeneración del material, entendida como el proceso mediante el cual se restaura parcialmente su capacidad superficial. Para ello, se adoptó un diseño factorial que permitió observar la interacción y peso específico de cada condición experimental. El análisis de los resultados permitió identificar que el carbón activado recién producido y sometido a un periodo prolongado de contacto mostró un comportamiento más favorable frente a los indicadores microbiológicos y bioquímicos evaluados. Por otro lado, la restauración del adsorbente mediante regeneración mostró una respuesta más adecuada frente a parámetros vinculados a la oxidación química de compuestos orgánicos. La prueba estadística empleada evidenció que la duración del contacto solo fue determinante en la remoción de ciertos indicadores bacterianos, mientras que la regeneración del material ejerció influencia significativa sobre un espectro más amplio de parámetros. Los autores destacan que estas características posicionan al carbón activado derivado de *Vitis vinífera* como un recurso con potencial de aplicación en programas de saneamiento básico, tratamiento descentralizado de aguas residuales y sistemas alternativos de descontaminación. Además, se reconoce su relevancia dentro de enfoques de economía circular, debido a que

convierte residuos agroindustriales en insumos funcionales para la gestión ambiental.

Lozano et al. (2024) desarrollaron un estudio orientado al análisis del desempeño de filtros confeccionados con carbón activado obtenido de capirona, bambú y cáscara de coco, aplicados en la remoción de contaminantes presentes en el agua de una quebrada. El propósito central de la investigación fue determinar la capacidad de estos materiales para mejorar parámetros físico-químicos y microbiológicos asociados a la calidad del recurso hídrico. El trabajo se llevó a cabo bajo un enfoque metodológico cuantitativo y se estructuró mediante un diseño cuasi experimental que permitió evaluar la respuesta de distintos indicadores ambientales. Entre las variables examinadas se consideraron factores físicos como turbidez, color, temperatura y conductividad eléctrica; indicadores químicos relacionados con la materia orgánica oxidable, incluyendo la demanda bioquímica y la demanda química de oxígeno; la presencia de metales pesados, específicamente cadmio y plomo; y parámetros microbiológicos vinculados a la contaminación fecal, tales como coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli*. El análisis estadístico mostró que temperatura y pH no presentaron variaciones significativas, mientras que el filtro elaborado con carbón de capirona en mayor proporción registró el mejor comportamiento en la remoción de los contaminantes evaluados, seguido del filtro constituido con carbón derivado de cáscara de coco. A partir de los resultados obtenidos, los autores señalan que los materiales analizados poseen capacidad para mejorar la calidad del agua desde una perspectiva físico-química y microbiológica, destacándose el carbón de capirona como adsorbente de elevada eficiencia y con potencial de aplicación en sistemas alternativos de tratamiento hídrico y gestión ambiental descentralizada.

Sánchez y Sedano (2023) llevaron a cabo una investigación orientada al análisis del comportamiento adsorptivo del carbón activado

producido a partir de semillas de eucalipto (*Eucalyptus*) y de cáscara de cebada (*Hordeum vulgare*), aplicada a la remoción de plomo en cuerpos de agua afectados por actividad minera en la zona de Julcani – Buenaventura. El estudio se fundamentó en la preocupación creciente por la contaminación por metales pesados, especialmente en regiones donde la minería genera descargas que alteran la calidad del recurso hídrico y representan un riesgo para la salud pública y los ecosistemas. Para la recolección de muestras se siguieron las disposiciones emitidas por la Autoridad Nacional del Agua, tomando puntos diferenciados de la quebrada Acchilla, lo que permitió establecer contrastes entre sectores aguas arriba y aguas abajo con distinta carga contaminante. La producción del material adsorbente se realizó mediante un proceso químico utilizando ácido fosfórico como agente de activación, decisión metodológica que se sustenta en su capacidad para incrementar la porosidad, superficie específica y grupos funcionales activos del carbón vegetal. Las pruebas experimentales se efectuaron bajo condiciones controladas de volumen, masa del adsorbente, tiempo de contacto y agitación, lo que permitió observar con precisión la cinética de adsorción del metal pesado. Los resultados obtenidos pusieron en evidencia que el carbón activado derivado de semillas de eucalipto mostró un comportamiento más eficiente que el obtenido a partir de cáscara de cebada, alcanzando mayores niveles de retención del plomo y demostrando mejor capacidad de interacción superficial con los iones metálicos presentes en la muestra. El análisis estadístico incorporó procedimientos de verificación de normalidad, contraste mediante T de Student y descripción cuantitativa detallada, lo que permitió establecer diferencias significativas en el desempeño de ambos adsorbentes. Los autores destacan que el empleo de carbones activados procedentes de residuos agrícolas constituye una alternativa viable dentro del marco de tecnologías sostenibles, dado que fomenta el aprovechamiento de desechos, reduce costos asociados al tratamiento del agua y ofrece soluciones aplicables a zonas rurales donde el acceso a sistemas

convencionales de purificación es limitado. Asimismo, sostienen que los resultados respaldan futuras líneas de investigación relacionadas con adsorción multimetálica, regeneración del adsorbente, modelamiento con isothermas y aplicación en sistemas descentralizados de tratamiento hídrico.

Machacuay (2020) desarrolló una investigación titulada Adsorción de plomo (II) con carbón activado a partir de semillas de eucalipto en la laguna Huascacocha, Yauli, Junín, donde se planteó estudiar la capacidad de retención del ion $Pb(II)$ empleando carbón activado obtenido de semillas de *Eucalyptus globulus*. El estudio se sustentó en la problemática ambiental derivada de la presencia de operaciones mineras en torno al cuerpo de agua, las cuales descargan efluentes sin tratamiento previo, incrementando la concentración de metales pesados por encima de los valores permitidos por la normativa nacional. Las muestras recogidas fueron enviadas a un laboratorio acreditado, lo que permitió validar científicamente el nivel de contaminación existente. Para la elaboración del material adsorbente se utilizaron semillas de eucalipto sometidas a procesos de activación, y se realizaron ensayos experimentales bajo condiciones controladas que incluyeron variaciones en la masa del adsorbente, temperatura y tiempos de interacción, utilizando volúmenes definidos de solución contaminada y aplicando técnicas de prueba de jarras. Los resultados obtenidos indicaron altos niveles de remoción del plomo disuelto, evidenciando la capacidad del carbón activado para captar y retener iones metálicos en suspensión. Además, se aplicaron modelos de isothermas de adsorción para describir el comportamiento de fijación del contaminante sobre la superficie del adsorbente, observándose que el modelo propuesto por Langmuir se ajustó con mayor precisión, lo cual sugiere un mecanismo de adsorción asociado a la formación de monocapas y sitios específicos de interacción. El análisis final permitió establecer que las semillas de eucalipto representan una alternativa eficaz, económica y ambientalmente sostenible para el tratamiento de aguas afectadas por descargas mineras,

y que su aplicación puede integrarse dentro de estrategias de tecnologías limpias, sistemas de remediación pasiva y enfoques de gestión ambiental que priorizan el aprovechamiento de residuos biológicos. Asimismo, el estudio abre la posibilidad de continuar investigaciones relacionadas con cinéticas de adsorción, regeneración del material, aplicación a otros metales como cadmio o arsénico, y viabilidad en sistemas comunitarios descentralizados.

Antecedentes internacionales

Calvopiña y Ledesma (2025) desarrollaron una investigación denominada Adsorción de Metales Pesados y Mejoramiento del pH con Carbón de *Eucalyptus globulus* y *Piptocoma discolor* en Aguas Residuales de la Amazonia ecuatoriana, cuyo propósito fue analizar el comportamiento adsorptivo del carbón vegetal elaborado a partir de ambas especies en procesos de remoción de metales pesados presentes en las aguas del río Pambay, situado en la ciudad de Puyo, en la región amazónica del Ecuador. El estudio se fundamentó en la preocupación ambiental existente en torno a la presencia de contaminantes metálica en cuerpos de agua utilizados por las poblaciones locales, considerando que dichos elementos representan riesgos para la salud humana, la calidad del recurso hídrico y la estabilidad de los ecosistemas acuáticos. Para el desarrollo experimental se implementó un sistema de biofiltración con diferentes concentraciones del carbón activado derivado de *Eucalyptus globulus* y *Piptocoma discolor*, con el fin de evaluar su capacidad de adsorción bajo condiciones controladas. El análisis permitió observar que el carbón proveniente del eucalipto mostró mayor afinidad por el plomo, alcanzando porcentajes de reducción superiores al resto de los tratamientos, lo que evidencia una estructura porosa y grupos funcionales adecuados para retener este metal pesado. Por otro lado, el carbón obtenido del *Pigüe* presentó mejor desempeño frente al cadmio, lo que sugirió una interacción superficial más favorable para este contaminante. En el caso del arsénico, el material derivado del eucalipto obtuvo valores

superiores en la reducción del metal, demostrando nuevamente una mayor capacidad de adsorción comparativa. Los autores concluyen que ambos materiales vegetales pueden emplearse como bioadsorbentes en procesos de purificación del agua residual, destacando su eficacia diferencial según el tipo de metal pesado involucrado. Asimismo, señalan que el uso de biomasa local para la producción de carbón activado constituye una alternativa sustentable que puede incorporarse a estrategias de tratamiento descentralizado, a programas de mitigación ambiental y a iniciativas de economía circular en contextos amazónicos donde el acceso a tecnologías convencionales es limitado. Se propone además continuar con estudios relacionados con regeneración del adsorbente, modelamiento mediante isothermas, variación del pH y análisis termodinámico del proceso de adsorción.

En el trabajo desarrollado por Cubillos (2020), presentado en la Universidad de América, se abordó el estudio de la producción de carbón activado utilizando como precursor biomásico al bambú perteneciente a la especie *Chusquea scandens* Kunth. La investigación se enmarca en el interés creciente por explorar alternativas sostenibles para la elaboración de adsorbentes de origen vegetal, considerando que el carbón activado comercial suele implicar costos elevados y procesos industriales asociados a impactos ambientales relevantes. El propósito central consistió en analizar el proceso de obtención del material adsorbente mediante un método de activación física y determinar las condiciones experimentales que favorecen el desarrollo de propiedades porosas adecuadas para aplicaciones de remoción de contaminantes. El diseño metodológico implementado se estructuró en una fase de revisión y fundamentación teórica, orientada a la comprensión del comportamiento térmico del bambú, su composición lignocelulósica y las bases fisicoquímicas del proceso de activación, seguida de un proceso experimental desarrollado en tres momentos sucesivos: carbonización inicial del material vegetal, activación térmica bajo atmósfera controlada y evaluación de la capacidad adsorbente del carbón obtenido. Esta

secuencia permitió examinar de manera integral la influencia del tiempo de residencia, la temperatura y la transformación estructural del precursor en la generación de micro y mesoporos. Los resultados obtenidos permitieron identificar que uno de los tratamientos sometido a mayor tiempo de exposición térmica exhibió propiedades superficiales más favorables para la adsorción, lo que evidenció la viabilidad del bambú como fuente para la producción de carbones activados con fines ambientales. En su análisis final, el autor destaca que la disponibilidad regional de materia prima vegetal y los bajos costos asociados a su obtención constituyen ventajas competitivas para impulsar la elaboración local de adsorbentes, con posible aplicación en el tratamiento de efluentes industriales, en procesos ligados a la minería aurífera y en tecnologías de depuración de aguas residuales. Asimismo, se plantea que el estudio abre la posibilidad de investigar parámetros adicionales, como la cinética de adsorción, la regeneración del material, el modelamiento mediante isothermas y el uso en sistemas descentralizados de saneamiento.

Bravo y Garzón (2023) desarrollaron una investigación presentada en la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, cuyo eje temático se centró en el análisis del carbón activado producido a partir de residuos agroindustriales de coco (*Cocos nucifera*) y su aplicación en la remoción de contaminantes presentes en soluciones acuosas. La motivación del estudio se relaciona con el creciente interés en el aprovechamiento de subproductos agrícolas como materia prima para la fabricación de adsorbentes sostenibles, así como con la necesidad de identificar alternativas de bajo costo para el mejoramiento de la calidad del agua en contextos donde el acceso a tecnologías convencionales es limitado. La metodología implementada se estructuró bajo un diseño experimental completamente aleatorizado, en el cual se compararon distintos niveles de masa del adsorbente aplicados a volúmenes estandarizados de agua sintética preparada con componentes representativos de partículas sedimentables y agentes químicos

residuales. Se construyeron unidades experimentales a manera de filtros para evaluar el comportamiento del carbón activado en la reducción de parámetros físico químicos, entre ellos turbidez, color aparente, pH, sólidos suspendidos y cloro residual. Este enfoque permitió analizar la respuesta del sistema bajo condiciones controladas y determinar la influencia de la cantidad de material adsorbente empleada. Los resultados obtenidos mostraron que la producción del carbón activado a partir del residuo de coco alcanzó un rendimiento considerable, permitiendo su utilización en las pruebas experimentales. El análisis evidenció que algunos parámetros presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, particularmente en lo relacionado con la reducción de sólidos suspendidos y cloro residual, mientras que otras variables como el pH mostraron menor variación. Los autores identificaron que el tratamiento que empleó la mayor cantidad de adsorbente reflejó el desempeño más favorable en cuanto a remoción de contaminantes, situándose como el más eficiente dentro de las condiciones establecidas. A partir de estos hallazgos, se concluye que el carbón activado derivado del coco constituye un material viable para procesos de tratamiento hídrico a pequeña escala, y que su aplicación puede fortalecer estrategias de gestión ambiental sustentadas en economía circular, valorización de residuos y tecnologías limpias.

Vayas (2021) desarrolló un estudio en la Universidad Técnica de Ambato cuyo propósito consistió en examinar el comportamiento del carbón activado elaborado a partir de costras de coco como material filtrante aplicado al tratamiento de aguas residuales generadas en una industria textil ubicada en el parque industrial de la ciudad. La investigación surge frente a la problemática asociada a los efluentes del sector textil, los cuales suelen presentar altos niveles de materia orgánica, colorantes, sustancias químicas y compuestos que afectan los parámetros de calidad exigidos para su descarga. Desde esta perspectiva, se planteó la necesidad de evaluar un material adsorbente de origen vegetal que pudiera reducir los contaminantes sin recurrir a

tecnologías de alto costo o de difícil acceso. Para el desarrollo del estudio se recurrió a procedimientos de laboratorio y ensayos experimentales que permitieron trabajar con carbón activado obtenido de residuos de coco procesados hasta alcanzar un tamaño de partícula adecuado para favorecer la adsorción. Las muestras analizadas correspondieron a agua residual proveniente de la actividad industrial, las cuales fueron sometidas posteriormente a filtración mediante unidades diseñadas para el experimento. Se evaluaron indicadores ambientales asociados al deterioro de la calidad del agua, entre ellos factores vinculados a la degradación de la materia orgánica, la oxidación química y el color residual, que forman parte de los parámetros comúnmente exigidos en controles de descargas industriales. Los hallazgos del estudio evidenciaron que el uso del carbón activado de origen vegetal permitió lograr disminuciones apreciables en los parámetros analizados, mostrando un comportamiento favorable en la reducción de la carga contaminante. Asimismo, se determinó que los valores obtenidos tras el proceso de filtración se ubican dentro de los rangos permitidos por las normas que regulan el vertimiento en sistemas de alcantarillado, lo que indica su pertinencia como alternativa de tratamiento. En sus conclusiones, el autor enfatiza que el empleo de adsorbentes provenientes de residuos de coco representa una solución viable para la industria textil, al promover la reutilización de subproductos agrícolas, contribuir a prácticas sostenibles y ofrecer una alternativa de tratamiento económicamente accesible. Además, plantea que futuras investigaciones pueden orientarse al estudio de la regeneración del material, la cinética del proceso de adsorción y la aplicación en otros tipos de efluentes industriales.

2.2. BASES TEÓRICAS

Filtro

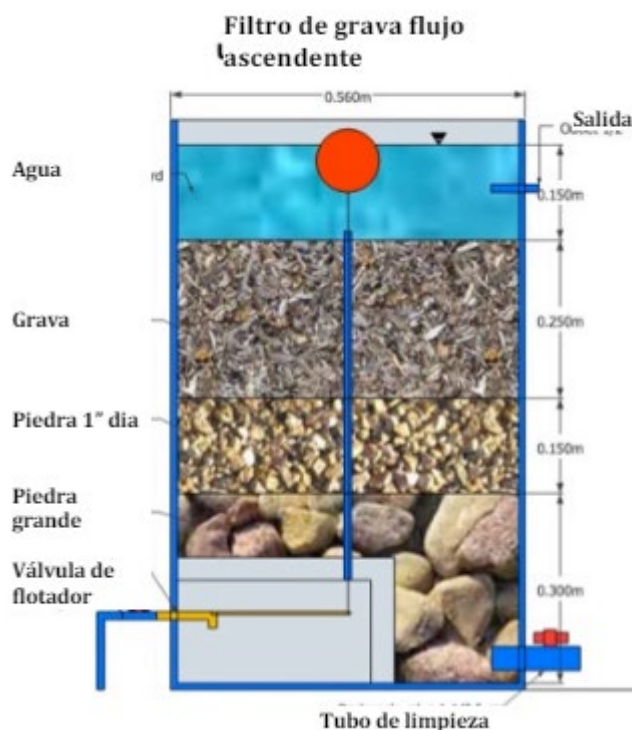
Los filtros de agua son dispositivos que imitan los procesos de purificación presentes en la naturaleza, donde el agua atraviesa capas de arena y grava que actúan como filtros naturales, permitiendo que brote más limpia en los manantiales. De manera semejante, estos sistemas aprovechan la acción física de dichos materiales para retener las impurezas y, en combinación con el carbón y ciertos microorganismos beneficiosos, logran eliminar patógenos peligrosos para la salud, como *Vibrio cholerae*, bacteria responsable del cólera. Si el proceso de filtración se realiza adecuadamente, el agua va liberándose de contaminantes hasta obtenerse un recurso limpio y apto para el consumo humano (Sanchez, 2021).

Tipos de filtro

Filtro de grava: El flujo de agua que ingresa al sistema, controlado mediante una válvula de flotador, se dirige a través de una tubería hacia la parte inferior del dispositivo y posteriormente asciende pasando por el lecho de grava. En este recorrido se logra disminuir la turbidez, debido a que las partículas suspendidas y parte de los compuestos disueltos quedan retenidos en las superficies del material filtrante. Respecto al mantenimiento, mientras la tubería permanezca en buen estado y los conductos o capas de grava no se encuentren obstruidos por acumulación de sedimentos o residuos, no será necesario reemplazar el material durante el periodo de funcionamiento del sistema. Asimismo, la conexión externa de $\frac{1}{2}$ ubicada junto a la válvula en la zona de ingreso del depósito permite efectuar labores de limpieza del mecanismo de flotación (Solutions, 2017).

Figura 1

Estructura de un filtro de grava



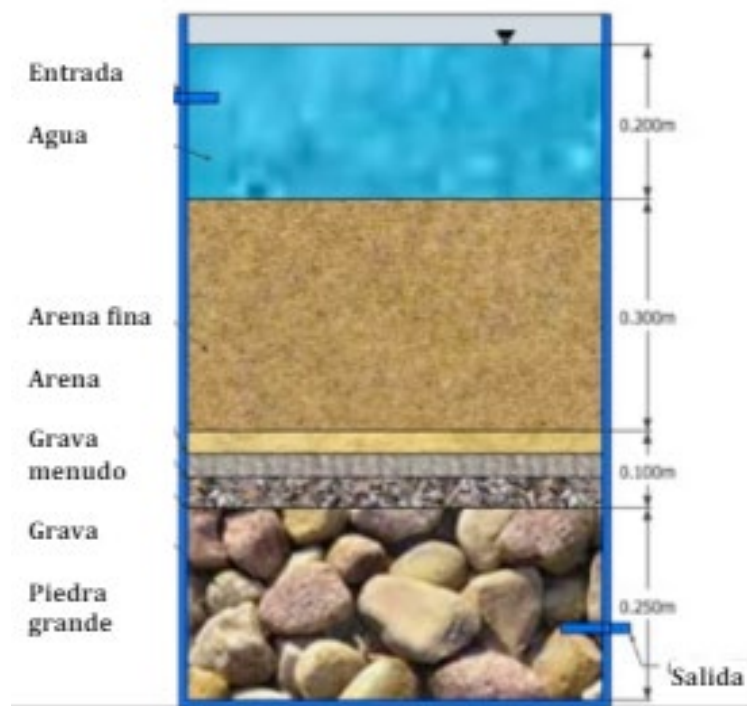
Nota. La imagen muestra la estructura componentes que lleva un filtro de grava. Obtenido de (Solutions, 2017).

Filtro lento de bioarena: Este tipo de filtro funciona reteniendo microorganismos y partículas suspendidas mediante la acción mecánica del lecho de arena, y además puede inmovilizar ciertos compuestos disueltos gracias a la adsorción que ocurre sobre la superficie de los granos. No obstante, el papel más significativo dentro de los filtros biológicos de arena es la remoción de microorganismos patógenos y de componentes químicos mediante procesos de biodegradación. En ausencia de agentes desinfectantes como el cloro, se genera de forma natural, después de varios días de operación, una capa biológica denominada *schmutzdecke*, la cual continúa creciendo y consolidándose durante semanas posteriores. El periodo requerido para que esta capa alcance un estado funcional óptimo está condicionado por

factores como la temperatura del entorno y las características físico-químicas del agua de alimentación (Solutions, 2017).

Figura 2

Estructura de un filtro de bio - arena



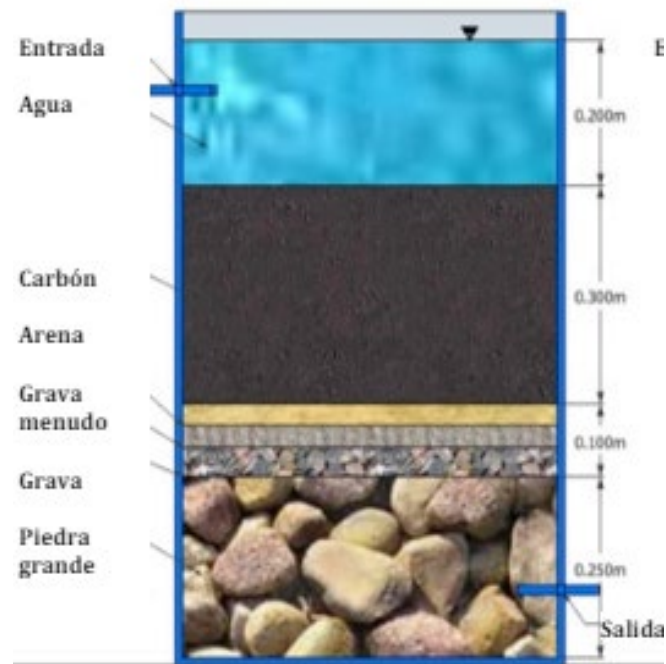
Nota. La imagen muestra la estructura componentes que lleva un filtro de bio - arena. Obtenido de (Solutions, 2017).

Filtro de carbón: El funcionamiento del filtro de carbón se basa principalmente en el proceso de adsorción. Este consiste en la interacción que se da en la superficie entre las partículas disueltas y el carbón, lo cual es distinto a la absorción, que implica la incorporación o captación de sustancias en el interior de un material. En el caso del tratamiento de agua, ambos fenómenos se combinan: los contaminantes penetran en los poros del carbón (absorción) y, a su vez, se adhieren a sus superficies internas (adsorción). Debido a ello, con frecuencia se utiliza el término más general “sorción”. La elevada porosidad y amplia superficie del carbón ofrecen numerosos sitios activos donde pueden fijarse distintos compuestos disueltos, tanto aquellos orgánicos que no

representan un riesgo como también contaminantes peligrosos que sí afectan la calidad del agua (Solutions, 2017)

Figura 3

Estructura de un filtro de carbón



Nota. La imagen muestra la estructura componentes que lleva un filtro de carbón. Obtenido de (Solutions, 2017).

Filtración

Raffino (2020) señala que el proceso de filtración puede entenderse como una técnica de separación que permite retirar las partículas sólidas que se encuentran dispersas en un fluido, independientemente de que este sea líquido o gaseoso. Para ello se emplea un medio permeable o poroso que puede recibir distintas denominaciones, tales como filtro, tamiz o criba, el cual actúa como un soporte selectivo capaz de retener los sólidos de mayor tamaño mientras el fluido continúa su circulación a través del material,

arrastrando consigo las partículas más finas. Este método guarda cierta relación conceptual con el tamizado; sin embargo, este último se limita a la clasificación de sólidos según su granulometría, mientras que la filtración se utiliza para separar fases distintas dentro de una mezcla heterogénea.

El uso de la filtración no solo se encuentra presente en actividades cotidianas como la preparación de alimentos, la purificación de agua para consumo o el funcionamiento de sistemas domésticos sino que también constituye una operación fundamental dentro de numerosos procesos industriales. En dichos ámbitos, se dispone de equipos mecánicos y sistemas tecnificados capaces de ejecutar el proceso con diferentes grados de exactitud, caudales y eficiencia, dependiendo de las características del fluido y del tipo de partículas a retener. Este mecanismo se considera uno de los procedimientos más antiguos utilizados por el ser humano para clarificar líquidos, y su evolución ha permitido el desarrollo de aplicaciones más complejas, como la filtración a presión, la microfiltración, la ultrafiltración y la retención de agentes microbiológicos en sistemas de tratamiento de agua y control ambiental. Además, el principio de funcionamiento se relaciona con fenómenos físicos como el flujo a través de medios porosos, la pérdida de carga hidráulica, la resistencia acumulada y el gradiente de presión, elementos que determinan el rendimiento y la vida útil de los filtros en contextos técnicos y científicos.

Colina (2016) considera que la filtración es una operación unitaria aplicada para extraer partículas sólidas insolubles que se encuentran en los fluidos, permitiendo que el líquido o gas atraviese una superficie con orificios ajustados a un tamaño específico.

Colina (2016) señala que, para que un fluido pueda atravesar el medio filtrante, es indispensable la presencia de una fuerza impulsora. Esta puede generarse de distintas formas, entre ellas:

1. Gravedad
2. Vacío
3. Presión
4. Fuerza centrífuga

Tipos de filtración

Según Salcedo et al. (2011), la filtración puede llevarse a cabo a través de tres procesos principales:

Filtración de torta (cake filtration)

Es el procedimiento más común de filtración, en el cual las partículas sólidas quedan retenidas sobre la superficie del medio filtrante, cuyos poros impiden su paso. A medida que estas partículas se acumulan, se forma una capa conocida como “torta”. El objetivo es separar el sólido del fluido, y en muchos casos, este último puede provenir de un sedimentador. La torta se va engrosando progresivamente, por lo que requiere ser retirada o desechada periódicamente (Salcedo et al., 2011).

Filtración de lecho profundo o de medio filtrante

Este tipo de proceso se emplea cuando el objetivo es obtener un fluido transparente y sin presencia detectable de partículas finas, especialmente cuando se trabaja con corrientes que contienen cantidades muy reducidas de sólidos suspendidos, en proporciones inferiores a una décima parte del peso total. En estas condiciones, las

partículas diminutas que permanecen dispersas en el líquido pueden ser retenidas al hacerlo pasar a través de un medio filtrante constituido por materiales granulares, normalmente arena u otros compuestos minerales con características similares. Este mecanismo es habitual en los sistemas de potabilización de agua, donde se aplica luego de operaciones previas como la coagulación, la floculación y la sedimentación, las cuales permiten agrupar y precipitar fracciones mayores antes de la filtración final.

A diferencia de los procesos de filtración que generan una acumulación progresiva de sólidos formando una torta o capa residual sobre la superficie del filtro, en este caso no se genera dicho depósito debido a la naturaleza de las partículas y al funcionamiento interno del medio granular. No obstante, con el paso del tiempo el lecho filtrante puede saturarse o experimentar reducción en su capacidad de paso debido a la acumulación interna de sedimentos finos, por lo que requiere un procedimiento de limpieza que consiste en invertir el flujo del agua para desprender y expulsar el material retenido. Este método, conocido como retrolavado, permite restaurar la permeabilidad del medio y prolongar su vida útil, garantizando la continuidad del proceso de tratamiento bajo condiciones adecuadas de rendimiento hidrodinámico (Salcedo et al., 2011).

Filtración de flujo cruzado o ultrafiltración

En este tipo, los sólidos con tamaños que oscilan entre 5 μm y 0,03 μm se separan de manera tangencial al medio filtrante, evitando que se acumulen sobre la superficie. El proceso se realiza mediante membranas, y no todo el líquido atraviesa el medio: una parte se convierte en filtrado libre de solutos y otra se convierte en una corriente de rechazo, más concentrada en partículas y contaminantes (Salcedo et al., 2011).

Fibras y Normas de Colombia (2014) indica que los sistemas de filtración pueden clasificarse teniendo en cuenta diferentes parámetros, tales como:

- El tipo de material o lecho filtrante utilizado.
- La dirección del flujo durante el proceso de filtración.
- La forma en que se aplica la carga hidráulica sobre el medio filtrante.
- El método de control operacional del sistema.

Tabla 1

Parámetros de clasificación

Parámetros de clasificación			
Lecho filtrante	Sentido del flujo	Carga sobre lecho filtrante	Control operacional
Simple (Arena)	Descendente	A gravedad	Tasa constante y nivel variable
Lechos dobles o múltiples	Ascendente	A presión	Tasa constante y nivel constante
	Ascendente descendente	–	Tasa declinante

Nota. La tabla muestra los tipos de tipos de filtración que existen y las características de cada clase de filtración. Los datos son proporcionados por Fibras y Normas de Colombia, 2014

Méndez (2011) explica que la filtración es un procedimiento que permite separar un sólido de un líquido. En algunos casos el objetivo principal es obtener el sólido aislado, mientras que en otros lo que se busca es la parte líquida o disolución. A partir de esta finalidad se distinguen dos tipos de filtración:

Filtración por gravedad

Este método se lleva a cabo utilizando un embudo cónico, dentro del cual se coloca un papel de filtro previamente plegado. Al verter la disolución, el líquido atraviesa el papel mientras las partículas sólidas quedan retenidas en él, obteniéndose así un líquido claro y libre de impurezas (Méndez, 2011).

Filtración a presión reducida

En comparación con la filtración por gravedad, este proceso es mucho más rápido. Para realizarlo, se conecta el sistema a una fuente de vacío, habitualmente mediante una bomba acoplada a un embudo Büchner o a una placa filtrante. El embudo Büchner, fabricado en cerámica y con una base perforada del mismo material, permite que el líquido fluya a través de un papel de filtro colocado en su fondo, donde quedan retenidas las partículas sólidas (Méndez, 2011).

Factores que intervienen en la filtración

Recasens (2018) afirma que hay una serie de variables que afectan al proceso de filtración, a tener en cuenta para construir un filtro. Como variable del fluido y la suspensión, tenemos:

- La concentración de sólidos en suspensión
- El tamaño de partícula de los sólidos
- La viscosidad, densidad del fluido, su reología, el pH y la temperatura

Medio Filtrante

Colina (2016) señala que el medio filtrante es uno de los elementos fundamentales en una filtración ya que es el que realiza la separación de los sólidos contenidos en el fluido por lo que su correcta elección es importante para garantizar el buen funcionamiento del proceso. El medio

filtrante debe permitir el paso del fluido y retener los sólidos. Los materiales utilizados, deben poseer las siguientes características:

- Ofrecer la mínima resistencia al flujo y tener capacidad de retención de los sólidos, ser químicamente inertes y no tóxicos
- Soportar las condiciones del proceso (presiones, temperaturas, pH)
- Permitir facilidad del retiro de la torta limpia y completa
- Adaptarse al equipo de filtración, ser de fácil limpieza y tener buena relación vida útil / costo

Tabla 2

Medios filtrantes y filtros industriales

Tipo	Ejemplos	Tamaño de la partícula capturada, en μm
Fabricación de sólidos	Tubos de malla	5
Medio poroso rígido	Cerámica, metal sintetizado	1 - 3
Metal	Placas perforadas, malla tejida	100 - 5
Plástico poroso	Hojas, placas y membranas	3 – 0.005
Tejido	Natural, sintético, de fibra	10
Tejido no tejido	Filtro, papel, celulosa	10 - 5

Solidos sueltos	Fibras, celulosa	asbesto,	Sumiera
-----------------	---------------------	----------	---------

Nota. La tabla muestra los procesos de separación de biotecnología industrial. Los datos son proporcionados por Recasens, 2018.

De acuerdo con lo señalado por Fibras y Normas de Colombia (2014), los procesos de filtración tienen aplicación tanto en el tratamiento de aguas residuales provenientes de actividades domésticas, agrícolas e industriales, como en los procedimientos destinados a la producción de agua potable para consumo humano. Este mecanismo forma parte de una cadena de operaciones que puede incluir acondicionamiento de efluentes, manejo y separación de lodos, así como etapas asociadas a la purificación del recurso hídrico. Dentro de este contexto, la filtración constituye una fase esencial debido a su capacidad para retener partículas, mejorar parámetros físicos y contribuir a la eliminación de compuestos no deseados. Los métodos de filtración empleados pueden variar según el tipo de agua, el nivel de contaminación, la naturaleza de los sólidos presentes y el objetivo final del tratamiento, por lo que existen diferentes modalidades que se aplican de manera específica en sistemas de depuración y en procesos de potabilización.

Por su parte, Marín (2012) sostiene que el carbón activado —en sus presentaciones granular o pulverizada se ha convertido en uno de los materiales adsorbentes más utilizados en el ámbito del tratamiento de agua. Su popularidad se debe a su estructura altamente porosa, su amplia superficie específica y su capacidad para retener compuestos orgánicos, olores, sabores y contaminantes disueltos. Debido a estas propiedades, el carbón activado es empleado tanto en sistemas domésticos como en instalaciones industriales y plantas de tratamiento, formando parte de tecnologías destinadas a mejorar la calidad del recurso hídrico y reducir la presencia de sustancias nocivas. Además, su

incorporación en procesos de adsorción permite complementar otras técnicas de remoción, lo que lo posiciona como un insumo relevante dentro de los métodos de purificación y saneamiento ambiental.

Carbón activado

Origen

Menéndez (2008) refiere que el origen carbón activado o el carbón vegetal es quizá el primer material de carbón utilizado por el hombre y su uso data probablemente desde el mismo momento en que se comienza a utilizar el fuego; dado que los trozos de madera carbonizada que quedarían en algunas hogueras pueden considerarse un carbón vegetal rudimentario. De hecho, existen pruebas de que en muchas pinturas rupestres de hace más de 15.000 años es carbón vegetal se utilizaba para marcar el contorno de las figuras, además de usarse como pigmento de color negro cuando se mezclaba con grasa, sangre o cola de pescado. Otro uso fundamental del carbón vegetal en la historia de la humanidad es su empleo en la metalurgia. Además, el carbono que contiene el carbón vegetal actúa como reductor de los óxidos del metal que forman los minerales y con la técnica apropiada parte de este carbono puede alearse con el hierro para dar lugar al acero, mucho más duro que el hierro, lo cual fue fundamental en el desarrollo de armas y herramientas más resistentes.

Carbón activo

Se definen como carbón activo en su sentido más amplio es un término que incluye una amplia gama de materiales amorfos carbonáceos que exhiben un alto grado de porosidad y un área de superficie antipartículas extendida. Se obtienen por combustión, combustión parcial, descomposición térmica de una variedad de sustancias carbonosas. Los carbones activos se han obtenido en forma granular y en polvo. Ahora también se están preparando en formas esféricas, fibrosas y de tela para

algunas aplicaciones especiales. La forma granular tiene un área de superficie interna grande y poros pequeños, y la forma en polvo finamente dividida se asocia con diámetros de poro más grandes y un área de superficie interna más pequeña (Menéndez, 2008).

La primera producción industrial de carbón activo comenzó alrededor de 1900 para su uso en las industrias de refinación de azúcar. Este carbón activo se preparó mediante la carbonización de una mezcla de materiales de origen vegetal en presencia de cloruros metálicos o mediante la activación del material carbonizado por CO₂. Los carbones adsorbentes de gas de mejor calidad recibieron atención durante la Primera Guerra Mundial, cuando se usaron en máscaras de gas para protección contra gases y vapores peligrosos, sabor y otras impurezas orgánicas e inorgánicas de aguas residuales domésticas e industriales, recuperación de solventes, purificación de aire en lugares habitados, restaurantes, procesamiento de alimentos e industrias químicas; en la eliminación del color de varios jarabes y productos farmacéuticos; en el control de la contaminación del aire por escapes industriales y de automóviles; en la purificación de muchos productos químicos, farmacéuticos y alimenticios; y en una variedad de aplicaciones en fase gaseosa (Chand et al., 2005).

Debido a que la aplicación de carbón activo para el tratamiento de aguas residuales está aumentando, la producción de carbón activo siempre está aumentando (Chand et al., 2005).

Estos heteroátomos se derivan de la fuente en bruto material o se asocian con el carbón durante la activación y otras preparaciones procedimientos de aplicación. Se encuentra que la composición elemental de un carbón activo típico ser 88% C, 0.5% H, 0.5% N, 1% S y 6 a 7% O, y el saldo representa constituyentes inorgánicos de cenizas. La preparación de carbones activos a partir de materias primas de diferentes fuentes y utilizando diferentes técnicas, sus estructuras químicas porosas

y superficiales (Chand et al., 2005). Por su parte Marsh y Rodríguez (2006), señala que los carbones activados (AC) se utilizan predominantemente con fines de adsorción. El AC, además de ser un material único en términos de sus micro porosidades variables, además de ser anfótero, también es esencialmente hidrófobo y adsorbe especies de la solución acuosa, aparentemente ignorando la presencia del agua, siempre que las superficies estén relativamente libres de oxígeno superficial complejos.

Figura 4

Carbón activado



Nota. La imagen muestra el carbón activado usado para filtros de agua. Obtenido de (Sevilla, 2017).

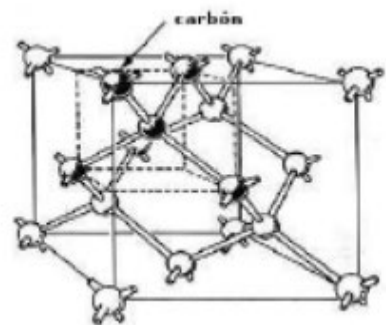
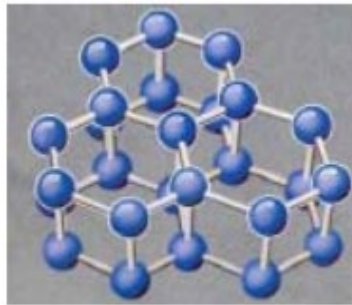
Estructura del carbón activado

Los carbones activados presentan una configuración interna compuesta por dominios microcristalinos que se forman progresivamente durante el proceso de carbonización del material precursor. No obstante, esta organización estructural no es equivalente a la del grafito, ya que existen diferencias en el espaciamiento interlaminar y en el grado de organización molecular. Mientras el grafito posee una distancia claramente definida entre sus planos estructurales, los carbones

activados presentan un intervalo ligeramente mayor, asociado a la presencia de irregularidades, vacío y defectos en la disposición de las capas. Además, la orientación de los microcristalitos en el carbón activado se caracteriza por un nivel de ordenamiento inferior, lo que da lugar a una estructura más heterogénea y menos compacta. Esta falta de alineación perfecta es precisamente uno de los factores que contribuye a la elevada porosidad y a la capacidad de adsorción del material, ya que genera mayor superficie disponible para la interacción con moléculas y contaminantes presentes en fase líquida o gaseosa (Chand et al., 2005).

Figura 5

Estructura del carbón activado



Nota. La figura muestra la estructura de átomos el carbón activo. Obtenido de (Sevilla, 2017).

Producción del carbón activado

Marsh y Rodríguez (2006), señala que el carbón activado se produce a partir de casi todos los materiales orgánicos que contienen carbón, principalmente madera, aserrín, cáscaras de nueces, huesos de frutas, turba, lignito, carbón, coque de petróleo, etc. El uso de un precursor adecuado está condicionado principalmente por su disponibilidad y costo, aunque también depende de las principales aplicaciones del carbón fabricado y del tipo de instalación disponible. El carbón activado es un carbón no grafitizable; no se puede transformar en grafito únicamente mediante un tratamiento térmico elevado. En este tipo de carbono, la estructura del precursor permanece durante la

carbonización., porque la fusión no puede tener lugar. Esto significa que el precursor, tras la carbonización, debe producir un carbón no grafitizable. La mayoría de los materiales orgánicos ricos en carbono, que no se fusionan cuando se carbonizan, producen un carbono poroso (a veces llamado carbón). Sin embargo, la selección del material parental para la producción de carbón activado se basa principalmente en los siguientes criterios:

- Bajo contenido de materia inorgánica
- Disponibilidad y costo
- Baja degradación durante el almacenamiento
- Facilidad de activación.

Las principales propiedades que debe tener la materia prima para la producción de carbón activado son:

- Abundancia y bajo costo
 - Dureza
 - Estructura inherente de poros
 - Alto contenido de carbono
 - Bajo contenido de materia inorgánica
 - Alto rendimiento en masa durante el proceso de carbonización
 - Índices bajos de degradación durante su almacenamiento.
- (Gómez, et al., 2010).

La elaboración de carbón activado está condicionada por factores como la accesibilidad, el costo y las características del material precursor, ya que son estos elementos los que influyen directamente en las propiedades fisicoquímicas del producto final. Las particularidades inherentes a la biomasa de origen determinan el desarrollo de la estructura porosa, la superficie específica, la composición funcional y el rendimiento del proceso, lo que convierte la selección del material inicial en una etapa determinante dentro del procedimiento de producción.

Debido a ello, aspectos como la densidad, el contenido de lignina y celulosa, la humedad, la presencia de minerales y la facilidad de carbonización repercuten en la calidad del adsorbente obtenido.

El carbón activado posee una amplia gama de aplicaciones en distintos sectores debido a su capacidad de retención molecular, entre ellas su empleo en procesos de purificación y tratamiento de agua, donde actúa eliminando compuestos orgánicos, olor, color y sustancias disueltas. Asimismo, ha sido utilizado en el ámbito médico, en sistemas de descontaminación ambiental, en la remoción de sabores indeseados, en la decoloración de soluciones industriales como en la refinación del azúcar y en dispositivos destinados a la adsorción de gases y vapores tóxicos. Estas cualidades lo han convertido en un insumo estratégico tanto para sistemas domésticos como para aplicaciones industriales, evidenciando su versatilidad y relevancia tecnológica (Prías Barragán et al., 2011).

Jayalakshmi y Balasubramanian (2008), señala al bambú como precursor en la producción de carbón se ha estudiado poco, a pesar de que su cultivo tiene una alta tasa de producción y de reposición y un bajo costo de mantenimiento, lo cual la convierte en un excelente candidato para la producción de carbón vegetal y carbón activado. El carbón activado presenta extensas áreas de superficie, tiene una gran conductividad eléctrica, es de bajo costo y tiene una elevada estabilidad química.

Métodos de activación

Activación física

De acuerdo con lo expuesto por Márquez (2007), la producción de carbón activado comienza con una fase inicial de carbonización, cuyo propósito es conducir la eliminación controlada de agua y compuestos volátiles presentes en la materia prima. Este proceso térmico permite

obtener un material carbonizado con un alto contenido de carbono fijo y con el desarrollo de una estructura porosa primaria. Durante esta etapa, los elementos distintos al carbono como el oxígeno y el hidrógeno son expulsados parcialmente a través de reacciones de pirólisis, mientras que los átomos de carbono remanentes se reconfiguran formando pequeñas unidades estructurales conocidas como microcristalitos de naturaleza grafitica. La disposición de estas unidades no es ordenada, lo que genera espacios interlaminares e irregularidades que contribuyen a la formación inicial de la porosidad del carbón.

Sin embargo, dichos espacios pueden quedar ocupados por componentes residuales derivados de la descomposición térmica del precursor, tales como alquitrán, carbono amorfo y restos orgánicos, los cuales limitan temporalmente la accesibilidad interna del material. Para generar un carbón activado con porosidad desarrollada y superficie específica elevada, se requiere una segunda fase denominada activación, en la cual el carbonizado es sometido a temperaturas elevadas dentro de un rango aproximado entre 800 y 1100 °C en presencia de agentes oxidantes. Entre los compuestos utilizados con mayor frecuencia para promover esta activación se encuentran el dióxido de carbono y el vapor de agua, los cuales reaccionan con el carbono residual, liberando los espacios bloqueados y ampliando la red porosa interna. Este procedimiento permite transformar el carbonizado en un adsorbente altamente eficiente, apto para procesos de retención molecular en fase líquida y gaseosa.

Activación química

Márquez (2007) explica que, en el método de activación química, la producción del carbón activado se lleva a cabo en una sola fase, en la cual el material precursor se combina previamente con el agente activante y posteriormente se somete a calentamiento en una atmósfera inerte. Entre los compuestos empleados con mayor frecuencia para este

procedimiento se encuentran sustancias como el ácido fosfórico, el cloruro de zinc y el ácido sulfúrico, aunque también se han utilizado otros reactivos, tales como tiocianatos, sulfuros, cloruros de metales alcalinotérreos, hidróxidos alcalinos y diferentes sales, dependiendo de la naturaleza del material original y del tipo de porosidad que se desee favorecer. Para los precursores de origen vegetal, uno de los insumos más comunes es el aserrín, y el ácido fosfórico se emplea como agente deshidratante y promotor del desarrollo poroso.

El procedimiento contempla la mezcla del precursor con el agente activante hasta obtener una masa homogénea, la cual luego se seca y se somete a carbonización dentro de un horno a temperaturas que pueden situarse entre 200 y 650 °C. Durante esta etapa tiene lugar una deshidratación profunda acompañada de reacciones de condensación y reorganización estructural, lo que conduce a la formación de redes porosas y al incremento del área superficial específica del material.

Asimismo, Márquez (2007) destaca que el éxito del proceso y las características finales del carbón activado dependen de parámetros de operación como la proporción de impregnación entre precursor y agente químico, la temperatura a la que se desarrolla la activación y el tiempo de permanencia del material en el horno. La influencia de estas variables puede observarse mediante la modificación de las isothermas de adsorción, las cuales permiten analizar el tipo de porosidad generada, la distribución de tamaños de poro y la capacidad adsorbente del producto final.

Clasificación del carbón activado

Callewaert (2014) describe el carbón activado como un material de naturaleza similar al grafito, aunque carece del orden estructural característico de este y presenta una conformación amorfa e irregular. Se distingue por poseer una red altamente desarrollada de espacios internos, formada por poros de tamaños ampliamente variables que van

desde cavidades perceptibles hasta hendiduras microscópicas con dimensiones comparables a las de las moléculas. Esta gran diversidad porosa es la que confiere al carbón activado su elevada capacidad de adsorción.

Además, el autor señala que los poros presentes en este material pueden clasificarse no solo en función de su tamaño, sino también de acuerdo con el papel que desempeñan en los procesos de captura de sustancias. Ambos criterios de clasificación permiten diferenciar distintos tipos de poros dentro de la estructura del carbón activado y facilitan el análisis de su comportamiento en aplicaciones de purificación y tratamiento de fluidos. En este sentido, la categorización funcional de los poros contribuye a comprender mejor la interacción entre el adsorbente y los contaminantes, así como a determinar su eficiencia y campo de aplicación.

Poros de carbón activado de adsorción

Callewaert (2014) señala que únicamente ciertas cavidades dentro de la estructura interna del carbón activado poseen la capacidad suficiente para retener moléculas mediante adsorción. Estas zonas corresponden a los poros más reducidos del material, formados por espacios con dimensiones equivalentes al diámetro de unas pocas moléculas, alojados entre láminas gráficas. La explicación radica en que las fuerzas intermoleculares responsables del proceso principalmente las interacciones de dispersión de London actúan a corta distancia y dependen directamente del grado de proximidad entre la superficie del carbón y las especies adsorbidas. Por esta razón, el volumen total asociado a estos poros puede determinarse sometiendo el carbón a gases o soluciones altamente concentradas, siendo este el principio de diversas pruebas utilizadas en la industria, tales como el índice de yodo, el número de tetracloruro de carbono o el número de butano, que en

esencia cuantifican la capacidad adsorbente vinculada a dichas cavidades.

Clasificación de los poros según su tamaño (IUPAC)

La Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC, 2019) establece categorías para distinguir los poros en función de su diámetro, agrupándolos en tres clases principales:

- Microporos: poros extremadamente pequeños, generalmente menores a 2 nm.
- Mesoporos: cavidades intermedias ubicadas entre 2 y 50 nm.
- Macroporos: espacios superiores a 50 nm de diámetro.

En términos generales, los microporos aportan la mayor proporción del área superficial interna del material adsorbente, constituyendo la fracción más relevante para los procesos de retención molecular.

Gómez et al. (2010) complementan esta clasificación indicando que la estructura porosa del carbón activado puede describirse considerando principios fisicoquímicos asociados al mecanismo de adsorción presente en cada tipo de poro. Suponiendo una geometría cilíndrica, los autores reiteran la clasificación basada en la IUPAC y añaden una categoría adicional para cavidades aún más pequeñas:

- Submicroporos: espacios con dimensiones inferiores a 0,7 nm, relevantes para la captura de moléculas altamente pequeñas.
- Ceniza de carbón vegetal y sus aplicaciones

Ashes to Life (2019) describe que la ceniza obtenida mediante la carbonización directa de biomasa vegetal constituye un producto natural con propiedades beneficiosas, utilizado en ámbitos medicinales y cosméticos. Su producción implica el calentamiento de residuos vegetales o madera a temperaturas elevadas, que pueden situarse entre

400 y 700 °C en ausencia de oxígeno, lo que da lugar a un material sólido, poroso y con un porcentaje muy elevado de carbono, cercano al 98 %. Estas características le confieren utilidad como adsorbente, neutralizante, ingrediente terapéutico y componente activo en productos de cuidado personal.

Características físico-químicas

Composición química

De acuerdo con la información proporcionada por la Escuela Universitaria Politécnica (s.f.), el carbón activado puede considerarse un material compuesto casi en su totalidad por carbono, semejante en este sentido a otras formas alotrópicas como el grafito, el diamante, el negro de humo y los carbones de origen mineral o vegetal. Todos estos materiales comparten la capacidad de fijar moléculas en su superficie mediante un proceso conocido como adsorción, entendido como un fenómeno de naturaleza fisicoquímica en el cual un sólido denominado adsorbente retiene sobre su estructura superficial distintos tipos de moléculas presentes en un fluido, ya sea líquido o gaseoso. Las especies capturadas reciben el nombre de adsorbatos y su interacción con el material depende de factores tales como la porosidad, el área superficial específica y la energía de los sitios activos disponibles.

Tabla 3

La composición química del carbón activado

Composición química	Porcentaje
carbono	75-80%
cenizas	5 –10%
oxígeno	60%
Hidrógeno	0,5%

Nota. La tabla muestra la composición del carbón activado y sus porcentajes. Los datos son proporcionados por la Escuela Universitaria Politécnica (s.f.).

Estructura física

La Escuela Universitaria Politécnica (s.f.) señala que el carbón activado presenta una organización interna formada por microcristales, cuya disposición guarda cierta similitud con la estructura del grafito, aunque sin alcanzar su nivel de ordenamiento. Esta configuración interna del material origina una distribución característica de tamaños de poro, lo que permite clasificar su red porosa en diferentes categorías en función de su radio. En este sentido, se distinguen tres grupos fundamentales: los microporos, que comprenden cavidades extremadamente pequeñas; los mesoporos, que corresponden a espacios intermedios; y los macroporos, que abarcan diámetros mayores dentro de la estructura del adsorbente. Esta clasificación resulta relevante porque cada tipo de poro participa de manera diferenciada en los procesos de adsorción y contribuye al desempeño global del carbón activado como material purificador.

Eucalipto

Andrade (2015) define el Eucalipto como un árbol cuyas hojas tienen un característico y muy agradable aroma, además de una serie de propiedades medicinales que lo han llevado a ser ampliamente usado por personas que padecen problemas respiratorios, así como para la fabricación de muebles y papel. Este árbol originario de Australia alcanza los 65 metros de altura y se le conocen más de 700 especies, algunas de ellas son resistentes a temperaturas muy frías de varios grados bajo cero.

Tabla 4

Taxonomía del eucalipto

Reino	Plantae
División:	Magnoliophyta
Orden	Myrtales

Familia:	<i>Myrtaceae</i>
Género	<i>Eucalyptus</i>
Especie:	<i>Eucalyptus globulus</i>

Nota. La tabla muestra la taxonomía de eucalipto. Los datos son proporcionados por Sellar, 1996. Guía de aceites esenciales

Características

Según Sellar (1996) el eucalipto, árbol australiano alcanza a veces la imponente altura de 100 metros. De hojas duras y con forma cimitarra, su tenencia en crecer en acomarcas azotadas por la malaria contribuye a desecar la tierra y lograr un ambiente más sano.

Descripción botánica

Vinueza (2013) describe que esta especie presenta un fuste de forma cilíndrica, recto y de gran diámetro, pudiendo alcanzar aproximadamente dos metros. Su copa adopta una configuración alargada y algo asimétrica, sostenida por un tronco libre de ramificaciones en casi dos tercios de su altura total. La corteza posee un espesor cercano a los tres centímetros y, al envejecer, se desprende en láminas, dejando expuesta una capa interior más lisa que confiere al árbol una apariencia distintiva; en ciertos casos puede secretar resina. Las semillas viables se caracterizan por ser de color negro, textura rugosa y mayor tamaño, mientras que los óvulos no desarrollados presentan tonalidades rojizas, menor peso y una estructura más ligera.

Figura 6

Eucalyptus globulus



Nota: La figura muestra la descripción del eucalipto (*Eucalyptus globulus*). Obtenido de (Rangel, 2024)

Uva

Navarro (2015) indica que la uva corresponde a un fruto agrupado en racimos y producido por la planta conocida como vid, de la cual existen múltiples variedades. Además de consumirse de manera directa por su sabor característicamente dulce, su proceso de fermentación permite obtener diversos productos derivados, entre ellos distintos tipos de vino, vinagre, mosto y bebidas alcohólicas destiladas. En relación con su cultivo, este debe desarrollarse en suelos con buen contenido mineral y con niveles reducidos de humedad, condiciones que favorecen el adecuado desarrollo

de la planta. Todas las prácticas vinculadas al manejo y producción de la vid se integran dentro del campo agrícola denominado viticultura.

Tabla 5

Taxonomía de la uva

Reino	Plantae
División:	Magnoliophyta
<i>Orden</i>	Vitales
Familia:	Vitaceae
Género	Vitis
Especie:	Vitis vinifera

Nota. La tabla muestra la taxonomía de la uva. Los datos son proporcionados por Guerra, 2020. Taxonomía 905.

Requerimientos edáficos

Según Navarro (2015), esta especie muestra un desarrollo óptimo cuando se cultiva en suelos de textura franco arenosa a areno–arcillosa, caracterizados por buena aireación, adecuada capacidad de drenaje y ausencia de compactación. El rango de pH más favorable para su crecimiento se sitúa entre 5 y 7, lo que garantiza condiciones químicas apropiadas para la absorción de nutrientes. Asimismo, el grado de intervención del suelo mediante labores de labranza debe ajustarse a la inclinación del terreno, ya que pendientes más pronunciadas requieren un manejo más cuidadoso para evitar erosión y pérdida de estructura.

Figura 7

Uva (Vitis vinifera)



Nota. La imagen muestra a la uva (*Vitis vinifera*) y sus características físicas. Obtenido de (Rodríguez, 2024).

CALIDAD DE LAS AGUAS RESIDUALES

Arriols (2018) señala que el término aguas residuales hace referencia a cualquier tipo de agua cuya calidad ha sido disminuida como consecuencia de actividades humanas. Bajo esta definición no se incluyen aquellas aguas que, por procesos naturales, no son aptas para el consumo, ni tampoco aquellas que, aun habiendo sufrido alguna modificación por intervención antrópica, continúan siendo potables. En este contexto, las aguas residuales abarcan el agua utilizada en ámbitos domésticos y urbanos, en procesos industriales y en explotaciones ganaderas, así como cuerpos de agua naturales que, por accidentes o manejo inadecuado, se han contaminado al entrar en contacto con las anteriores.

Como resultado, este tipo de agua conserva su naturaleza líquida, pero incorpora una amplia variedad de contaminantes de origen físico, químico y biológico. Estos pueden encontrarse en forma de sólidos visibles,

partículas suspendidas o sustancias disueltas que alteran significativamente su calidad, representando riesgos ambientales y sanitarios si no se someten a un tratamiento adecuado.

La contaminación asociada a las aguas residuales presenta una gran diversidad, directamente relacionada con la amplia gama de usos y actividades humanas que afectan el recurso hídrico. En ellas pueden detectarse sustancias químicas derivadas del ámbito doméstico, como detergentes, jabones, productos de higiene y cosméticos; residuos sólidos tales como papel higiénico, toallitas catalogadas como desechables, fragmentos de plástico y otros materiales persistentes. Asimismo, es común la presencia de metales pesados de alto impacto ambiental y toxicológico, provenientes principalmente de procesos industriales, entre los que destacan plomo, zinc, mercurio, cadmio y bromo. A esto se suma una considerable carga de materia orgánica procedente de excretas humanas y animales, que incrementa el nivel de contaminación biológica del agua (Arriols, 2018).

García (2018) complementa esta perspectiva señalando que las aguas residuales tienen su origen en las actividades desarrolladas en áreas urbanas, industriales y otros entornos intervenidos por el ser humano. Debido a su composición, representan un riesgo importante para los ecosistemas, ya que cualquier descarga directa o filtración accidental puede liberar compuestos tóxicos al medio, generando impactos ambientales severos. Para permitir su retorno seguro al entorno natural, estas aguas deben someterse a procesos de tratamiento orientados a la eliminación o reducción de los contaminantes presentes, cuyo diseño depende tanto de sus características específicas como del destino final previsto.

En la misma línea, Espigares y Pérez (1985) definen las aguas residuales como aquellas que, tras su utilización, se convierten en un elemento potencialmente peligroso debido a la elevada concentración de

sustancias contaminantes y microorganismos patógenos que contienen, lo que justifica la necesidad de su adecuada gestión y disposición.

Clasificación de las aguas residuales

Arriols (2018) explica que la clasificación de las aguas residuales puede abordarse desde diversos enfoques, ya que depende del criterio que se utilice como referencia. En consecuencia, es posible ordenarlas en función de la cantidad y naturaleza de los compuestos químicos presentes, de sus características microbiológicas, de la proporción existente entre materia suspendida y sustancias disueltas, o incluso de su origen. Este último criterio la procedencia suele ser el más empleado, debido a que permite establecer categorías de manera práctica y rápida, sin necesidad de recurrir a equipos analíticos especializados ni a procedimientos de laboratorio complejos. Por ello, aunque las clasificaciones basadas en parámetros fisicoquímicos o bacteriológicos son extremadamente valiosas en contextos científicos y ambientales, su aplicación requiere estudios técnicos que no siempre están disponibles.

Bajo el enfoque de su origen, las aguas residuales pueden agruparse en diferentes categorías claramente identificables, lo que facilita su estudio y tratamiento posterior. De acuerdo con Arriols (2018), esta metodología de catalogación resulta la más extendida, y permite distinguir cuatro grandes grupos principales, que posteriormente pueden subdividirse en subcategorías más específicas según las características particulares de cada tipo de agua residual.

Aguas residuales domésticas o urbanas

Arriols (2018) señala que el tipo de agua residual más fácilmente identificable es aquella que proviene del uso cotidiano en los hogares y en las zonas urbanas, ya que es con la que la población mantiene contacto directo de manera habitual. Este tipo de efluente se genera durante actividades domésticas y comerciales comunes, como el uso de inodoros,

duchas, lavamanos, fregaderos de cocina o incluso durante el vaciado de piscinas. Debido a su origen, presenta una elevada concentración de materia orgánica biodegradable, sólidos susceptibles de sedimentación y una importante carga bacteriana.

De manera complementaria, Espigares y Pérez (1985) explican que estas aguas derivan principalmente de excretas humanas, de las prácticas de higiene personal y de las labores de preparación de alimentos y limpieza del hogar. En su composición suelen encontrarse microorganismos patógenos y cantidades significativas de residuos domésticos como jabones, detergentes, productos de desinfección, grasas y aceites, los cuales incrementan su potencial contaminante. Por estas características, este tipo de agua residual representa un riesgo sanitario y ambiental si no recibe un tratamiento adecuado antes de su descarga o reutilización.

Aguas residuales industriales

Dentro de la clasificación de aguas residuales, una de las más problemáticas desde el punto de vista ambiental es la que se genera como consecuencia directa de las actividades industriales, propias del sector secundario de la economía. Este tipo de efluente se produce en instalaciones dedicadas a la fabricación de bienes, transformación de materias primas, producción energética, procesamiento químico y en general en cualquier actividad cuya finalidad sea obtener productos manufacturados. En estos procesos, el agua se utiliza como medio de transporte, refrigeración, limpieza de equipos, disolvente o parte de reacciones químicas, por lo que al finalizar adquiere una composición altamente alterada y cargada de sustancias nocivas (Arriols, 2018).

Diversos autores coinciden en que los vertimientos industriales presentan una elevada concentración de contaminantes de naturaleza inorgánica y orgánica, entre los cuales destacan los metales pesados como mercurio, plomo, cadmio, cobre y níquel, reconocidos por su toxicidad, bioacumulación y persistencia en el ambiente. A esto se suma la presencia

de una amplia gama de compuestos sintéticos utilizados en procesos industriales, tales como solventes, colorantes, aditivos, plastificantes, hidrocarburos y sustancias químicas de difícil degradación, lo que convierte a este tipo de agua en una de las más complejas de tratar y gestionar adecuadamente.

Espigares y Pérez (1985) añaden que la variabilidad en la composición de los vertimientos industriales es considerable, debido a que cada sector productivo incorpora insumos y procesos diferentes. Por ello, pueden encontrarse mezclas con aceites lubricantes, detergentes industriales, grasas, ácidos y bases fuertes, antibióticos utilizados en determinadas cadenas productivas, compuestos orgánicos volátiles, subproductos minerales y restos de origen vegetal o animal. Esta heterogeneidad implica que el diseño de un tratamiento eficaz requiere una caracterización previa detallada y la aplicación de tecnologías específicas para cada caso.

Además del riesgo tóxico directo, este tipo de aguas residuales puede generar efectos secundarios graves, como la alteración del pH de cuerpos receptores, disminución del oxígeno disuelto, toxicidad aguda en organismos acuáticos, afectación de cadenas tróficas, corrosión de infraestructura hidráulica y contaminación de suelos y aguas subterráneas. Por estas razones, los vertimientos industriales representan uno de los mayores desafíos dentro del campo del saneamiento ambiental y requieren sistemas de tratamiento avanzados que permitan su manejo seguro antes de su disposición o reutilización.

Aguas residuales de la agricultura y ganadería

Arriols (2018) señala que dentro del sector primario, la generación de aguas residuales es menos habitual en la agricultura tradicional, debido a que la mayor parte del recurso hídrico empleado en esta actividad se destina al riego y retorna al suelo mediante infiltración o evapotranspiración. No obstante, determinados cultivos y proceso poscosecha que requieren

lavado, selección o transformación de productos agrícolas pueden utilizar volúmenes significativos de agua, generando efluentes con carga contaminante.

A pesar de ello, la principal fuente de aguas residuales en este sector proviene de la ganadería, especialmente en sistemas intensivos de producción animal. En este tipo de explotaciones, el manejo de estiércoles y orines produce grandes cantidades de purines altamente contaminantes, a los que se suman residuos derivados del empleo de desinfectantes, antibióticos, suplementos nutricionales y productos químicos asociados a la cría del ganado. Estos efluentes presentan altas concentraciones de materia orgánica, nutrientes como nitrógeno y fósforo, microorganismos patógenos y compuestos potencialmente tóxicos, los cuales pueden provocar impactos severos en el ambiente.

Su liberación sin control puede ocasionar la degradación de los suelos agrícolas, disminuyendo su capacidad productiva e incluso provocando procesos de salinización, eutrofización y pérdida total de fertilidad. En casos extremos, la saturación del suelo con residuos ganaderos puede transformar áreas cultivables en terrenos improductivos debido a la acumulación excesiva de nitratos, amonio y partículas fecales.

Espigares y Pérez (1985) complementan esta perspectiva indicando que las aguas residuales agrícolas pueden también originarse a partir del uso de aguas urbanas reutilizadas para riego, con o sin tratamiento previo, situación frecuente en zonas rurales. Esta práctica incrementa el riesgo de introducir contaminantes domésticos y patógenos en los suelos y cultivos, lo que convierte su manejo y tratamiento en un desafío relevante para la seguridad sanitaria y ambiental.

Aguas residuales derivadas de la lluvia ácida

Arriols (2018) destaca que uno de los tipos de aguas residuales menos identificados por la población es el asociado a la lluvia ácida. Aunque muchas veces pasa desapercibida, constituye un claro ejemplo de agua contaminada como consecuencia directa de las actividades humanas que afectan la atmósfera. Este fenómeno se origina cuando las precipitaciones incorporan y arrastran los contaminantes gaseosos y particulados presentes en el aire, especialmente en áreas urbanas e industriales, transportándolos hasta la superficie terrestre. Al depositarse, estas aguas pueden alterar la calidad del suelo y de los cuerpos receptores, generando impactos ambientales significativos.

En entornos urbanos, gran parte de este escurrimiento termina ingresando al sistema de alcantarillado, donde se mezcla con las aguas residuales domésticas, incrementando su carga contaminante y el volumen total que debe ser tratado en las plantas de depuración.

Espigares y Pérez (1985) complementan esta idea señalando que estas aguas, también conocidas como aguas blancas, pueden tener origen atmosférico proveniente de la lluvia, nieve o deshielo o generarse por actividades humanas como el riego y la limpieza de calles, parques y espacios públicos. En regiones donde las precipitaciones son abundantes, es común que se habiliten sistemas de evacuación independientes para evitar la saturación de las instalaciones de tratamiento, ya que la mezcla excesiva con aguas residuales domésticas complicaría su depuración y aumentaría los costos operativos.

Tipos de tratamiento de aguas residuales

García (2018) explica que, una vez generadas, las aguas residuales son transportadas a través de redes de colectores hasta las Estaciones de Depuración de Aguas Residuales (EDAR), instalaciones donde permanecen entre 24 y 48 horas mientras se someten a diferentes etapas

de tratamiento antes de su descarga en un cuerpo receptor, ya sea un río, embalse o zona costera.

El proceso de depuración se estructura en varias fases consecutivas. La primera corresponde al pretratamiento, cuyo propósito es retener materiales de gran tamaño tales como arenas, grasas y residuos flotantes, evitando daños y obstrucciones en las etapas posteriores. Posteriormente se desarrolla el tratamiento primario, que engloba procesos físico-químicos orientados a reducir la carga de sólidos en suspensión, tanto sedimentables como partículas muy finas que requieren técnicas específicas para su eliminación. Entre los métodos aplicados se incluyen sedimentación, flotación y neutralización. En determinados contextos pueden incorporarse sistemas complementarios como fosas sépticas, lagunas de estabilización, filtros verdes o tecnologías químicas avanzadas, como intercambio iónico, oxidación o reducción.

El tratamiento secundario, según García (2018), introduce procesos biológicos mediante los cuales microorganismos transforman la materia orgánica disuelta en biomasa, energía, gases y agua, alcanzando eficiencias cercanas al 90%. Este tratamiento puede desarrollarse en condiciones aerobias, donde se inyecta oxígeno para favorecer la degradación y la nitrificación del amonio, o en condiciones anaerobias, en ausencia de oxígeno, mediante reacciones fermentativas que generan metano y dióxido de carbono. Entre las tecnologías más utilizadas destacan los sistemas de lodos activados, lechos bacterianos, digestores anaerobios, biodiscos, biocilindros, electrocoagulación y reactores biológicos de membrana.

Finalmente, el tratamiento terciario constituye una etapa avanzada empleada cuando se requiere una depuración más rigurosa, especialmente en casos de reutilización del agua o cuando el vertido se realiza en ecosistemas sensibles. Su objetivo principal es la eliminación de patógenos como bacterias fecales y nutrientes. Entre los procesos más comunes se

encuentran la radiación ultravioleta, el intercambio iónico, la ósmosis inversa, la filtración mediante lechos granulares y la cloración. Esta fase puede producir agua apta para usos recreativos, riego de áreas verdes e incluso, bajo condiciones controladas, para consumo humano, aunque su aplicación implica un mayor costo y demanda tecnológica.

Límites máximos permisibles

En el ámbito de la gestión de descargas líquidas, uno de los aspectos esenciales para determinar el impacto potencial de un efluente es la medición de la cantidad de sustancias presentes en él. Esta evaluación permite identificar la intensidad de componentes físico-químicos y biológicos que acompañan al agua descargada y, con ello, estimar el grado de riesgo asociado a su liberación en el ambiente. Cuando los valores registrados superan los rangos considerados aceptables, la descarga puede convertirse en una fuente de deterioro ambiental y representar un peligro para la salud de las personas, tal como señala Bravo Barrietos (2020).

En el caso peruano, el control de estos parámetros se encuentra formalmente regulado por el Decreto Supremo N.º 003-2010-MINAM, emitido por el Ministerio del Ambiente. Esta norma introduce los Límites Máximos Permisibles (LMP) para los vertimientos procedentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales de origen doméstico o municipal, estableciendo valores que deben respetarse en todo el territorio nacional. Dichos límites actúan como una barrera normativa que impide que los efluentes tratados incrementen la carga contaminante en ríos, lagunas, cuerpos subterráneos o sistemas de alcantarillado.

Los LMP cumplen diversas funciones dentro del sistema de control ambiental peruano, entre ellas:

- Servir como referencia técnica para autorizar o restringir descargas
- Orientar la operación de las plantas de tratamiento

- Permitir la supervisión por parte de las entidades fiscalizadoras
- Disminuir el aporte de sustancias tóxicas o biodegradables al ambiente
- Reducir amenazas sanitarias vinculadas al uso o contacto con el agua tratada

Los parámetros regulados incluyen indicadores asociados a la materia orgánica, grasas, sólidos en suspensión, nutrientes y microorganismos de origen fecal, considerados claves para evaluar el deterioro del recurso hídrico.

Además, los LMP funcionan dentro de un sistema regulatorio más amplio en el que también participan los Estándares de Calidad Ambiental del Agua, el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) y la Autoridad Nacional del Agua (ANA), conformando un marco de control que busca garantizar un manejo sostenible y seguro del agua en el país.

Tabla 6

Parámetros físicos, químicos y biológicos

Parámetro			Unidad	LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de aguas
Aceites y grasas			mg/L	20
Coliformes Termotolerables			NMP/100 mL	10,000
Demanda de oxígeno	Bioquímica	de	mg/L	100
Demanda de oxígeno	Química	de	mg/L	200

pH	unidad	6.5 – 8.5
----	--------	-----------

Sólidos Suspensión	Totales	en	mg/L	150
-----------------------	---------	----	------	-----

Temperatura	°C	< 35
-------------	----	------

Nota. Los datos son proporcionados por el Ministerio del ambiente MINAM, 2010. D. S. N° 003-2010.

Parámetros

Un parámetro ambiental puede definirse como una unidad de medición empleada para evaluar una determinada característica física, química o biológica presente en un recurso natural o en un efluente. Estos indicadores permiten cuantificar la calidad del agua, el aire o el suelo, y son esenciales para establecer comparaciones con valores normativos de referencia. En el caso del Perú, tales parámetros forman parte de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y de los Límites Máximos Permisibles (LMP), instrumentos regulados por la legislación vigente y administrada por el Ministerio del Ambiente (2020).

Su función principal es determinar si una descarga o componente ambiental cumple con las condiciones establecidas para proteger la salud pública y conservar los ecosistemas. Entre los parámetros más comunes se encuentran la temperatura, el pH, la conductividad, la presencia de metales pesados, nutrientes, compuestos orgánicos, microorganismos indicadores y otros elementos que permitan identificar riesgos potenciales.

Además, estos parámetros constituyen la base técnica para actividades de:

- Monitoreo ambiental continuo
- Evaluación de impactos ambientales
- Fiscalización y control de vertimientos

- Diseño de sistemas de tratamiento
- Toma de decisiones regulatorias

Sin su medición sistemática, sería imposible determinar el grado de contaminación presente en un cuerpo receptor o la eficacia de una planta de tratamiento. Por ello, los parámetros ambientales representan una herramienta indispensable dentro de la gestión ambiental moderna y la normativa peruana exige su consideración para garantizar la protección del recurso hídrico y del bienestar poblacional.

Aceites y grasas

Según (Závala, 2016) las grasas y aceites son compuestos orgánicos constituidos principalmente por ácidos grasos de origen animal y vegetal, así como los hidrocarburos del petróleo. Las principales fuentes aportadoras de grasas y aceites son los usos domésticos, talleres automotrices y de motores de lanchas y barcos, industria del petróleo, rastros, procesadoras de carnes y embutidos e industria cosmética y por supuesto la industria porcícola. Las sustancias grasas se clasifican en grasas y aceites. Teniendo en cuenta su origen, pueden ser animales o vegetales.

- Grasas animales, como el sebo extraído del tejido adiposo de bovinos y ovinos, grasa de cerdo, la manteca, etc.
- Aceites animales, entre los que se encuentran los provenientes de peces como sardinas y salmónes, del hígado del tiburón y del bacalao, o de mamíferos marinos como el delfín o la ballena; de las patas de vacunos, equinos y ovinos se extraen también aceites usados como lubricantes e impermeabilizantes.
- Aceites vegetales, el grupo más numeroso; por sus usos pueden ser clasificados en alimenticios, como los de girasol, algodón, maní, soja, oliva, uva, maíz y no alimenticios, como los de lino y coco.

Coliformes Termo tolerantes

De acuerdo con la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, 2013), el grupo denominado coliformes totales corresponde a bacterias relacionadas entre sí que, en la mayoría de los casos, no representan un riesgo directo para la salud humana. Sin embargo, su presencia en el agua potable constituye un indicador relevante, ya que puede asociarse a la posible existencia de microorganismos patógenos bacterias, virus o parásitos capaces de provocar enfermedades cuando son ingeridos. Por esta razón, los coliformes totales se emplean como parámetro de control para evaluar la eficiencia de los procesos de tratamiento de agua y para verificar el adecuado funcionamiento y hermeticidad de los sistemas de distribución.

La Organización Mundial de la Salud (OMS, 1998) precisa que dentro de este grupo se encuentran las denominadas bacterias coliformes termotolerantes, caracterizadas por su capacidad para fermentar lactosa a temperaturas elevadas, entre 44 y 45 °C. Este subgrupo incluye principalmente a *Escherichia coli*, además de ciertas especies pertenecientes a los géneros *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter*. No obstante, la OMS advierte que no todas estas bacterias tienen un origen estrictamente fecal, ya que algunas pueden proliferar en ambientes ricos en materia orgánica, como efluentes industriales, suelos húmedos o vegetación en descomposición. Debido a ello, el término "fecales" aplicado a todos los coliformes termotolerantes resulta inadecuado y se recomienda evitar su uso generalizado. Aun así, en la mayoría de situaciones ambientales, las concentraciones de coliformes termotolerantes muestran una relación proporcional con la presencia de *E. coli*, considerada el indicador más preciso de contaminación fecal reciente.

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú (2006) describe a los coliformes como bacterias Gram negativas, de morfología bacilar y no formadoras de esporas, capaces de fermentar lactosa con

producción de gas a aproximadamente 35 °C, condición que define a los coliformes totales. Aquellas que manifiestan esta misma capacidad a temperaturas cercanas a 44.5 °C dentro de un período de 24 horas se clasifican como coliformes termotolerantes o fecales. Esta diferenciación permite evaluar el grado y el origen de la contaminación microbiológica en el agua, siendo fundamental para determinar riesgos sanitarios y para el diseño de procesos de potabilización y saneamiento.

Demanda Química de Oxígeno

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, 2013) reconoce a los coliformes totales como un conjunto amplio de bacterias que comparten características fisiológicas y bioquímicas, pero que, en términos generales, no producen enfermedades en el ser humano. Su importancia radica en su utilización como bioindicadores, ya que su detección en el agua potable sugiere la posible presencia de microorganismos patógenos —virus entéricos, protozoos o bacterias causantes de infecciones gastrointestinales— que sí representan un riesgo sanitario. Por ello, este parámetro microbiológico se emplea para evaluar la eficacia de los procesos de desinfección y para verificar la integridad sanitaria de los sistemas de almacenamiento y distribución de agua.

La Organización Mundial de la Salud (OMS, 1998) introduce una clasificación más específica al referirse a los coliformes termotolerantes, definidos como aquellos microorganismos capaces de fermentar lactosa a temperaturas entre 44 y 45 °C. Dentro de este grupo se incluyen principalmente *Escherichia coli*, así como determinadas especies de *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter*. La OMS resalta que muchas de estas bacterias pueden desarrollarse en ambientes con abundante materia orgánica, como descargas industriales, suelos húmedos o restos vegetales en descomposición, por lo que no siempre provienen de heces. En consecuencia, el uso generalizado del término “fecales” para referirse a todos los coliformes termotolerantes es considerado inapropiado. Aun así, en condiciones

habituales, la concentración de este grupo suele correlacionarse fuertemente con la presencia de *E. coli*, considerada el indicador más confiable de contaminación fecal reciente.

Desde la perspectiva normativa peruana, el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2006) describe a estos microorganismos como bacilos Gram negativos, no esporulados, con capacidad de producir gas durante la fermentación de lactosa a aproximadamente 35 °C, condición que define a los coliformes totales. Cuando este mismo proceso ocurre a alrededor de 44.5 °C en un periodo de 24 horas, el microorganismo se clasifica como coliforme termotolerante, lo cual permite diferenciar contaminación de origen ambiental de aquella asociada a materia fecal.

La identificación y cuantificación de estos microorganismos es fundamental en programas de vigilancia de la calidad del agua, ya que permiten:

- Determinar el grado de contaminación microbiológica
- Evaluar fallas en procesos de cloración o desinfección
- Identificar infiltraciones o roturas en redes de distribución
- Estimar el riesgo epidemiológico asociado al consumo de agua

Su monitorización constituye uno de los pilares del control sanitario del recurso hídrico, tanto en sistemas de abastecimiento como en descargas residuales.

Demanda Bioquímica de oxígeno

El Decreto Supremo N.º 011-2006-VIVIENDA define la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) como la cantidad de oxígeno disuelto que es consumida por los microorganismos durante la degradación biológica de la materia orgánica presente en el agua, bajo condiciones controladas de temperatura y tiempo, usualmente 20 °C durante un período de cinco días. Este parámetro representa la intensidad de actividad metabólica microbiana

necesaria para estabilizar los compuestos biodegradables contenidos en un efluente.

La DBO constituye uno de los indicadores más utilizados para evaluar el grado de contaminación orgánica en aguas residuales, ya que valores elevados reflejan una alta carga de sustancias susceptibles de degradación biológica. Cuando esta demanda es excesiva, los microorganismos pueden consumir gran parte del oxígeno disponible en el cuerpo receptor, provocando déficit de oxígeno disuelto, muerte de organismos acuáticos y condiciones anaerobias que generan malos olores y la formación de gases como metano y sulfuro de hidrógeno.

Este parámetro es fundamental en:

- El diseño y dimensionamiento de sistemas de tratamiento biológico
- La evaluación del desempeño de plantas de tratamiento
- La estimación del impacto ambiental de vertimientos
- El cumplimiento de límites regulatorios establecidos por normativa nacional

Asimismo, la medición de la DBO permite diferenciar efluentes domésticos de descargas industriales, ya que estas últimas pueden contener compuestos menos biodegradables que requieren tratamientos físico-químicos adicionales.

PH

De acuerdo con la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada – IUPAC (2019), el pH corresponde al valor que se obtiene mediante un sistema de medición electroanalítica basado en electrodos, denominado pHmetro, el cual debe ser ajustado utilizando soluciones patrón con valores estandarizados. Este organismo internacional es la institución responsable de establecer normas y criterios unificados en el ámbito químico, garantizando la

homogeneidad de las mediciones y la validez científica de los parámetros utilizados en investigaciones y aplicaciones industriales.

En el ámbito químico, el pH constituye un indicador fundamental para describir el carácter ácido o básico de una sustancia, lo que tiene implicaciones directas en su comportamiento físico y químico. García (2019) advierte que, pese a su complejidad teórica —relacionada con la actividad de los iones hidrógeno en una disolución— el término ha sido adoptado por el lenguaje común, lo que ha generado numerosas interpretaciones erróneas. Esta falta de claridad conduce a prácticas inadecuadas, como seleccionar productos o adoptar dietas basadas en afirmaciones pseudocientíficas relacionadas con el pH, ignorando que alimentos como el limón presentan acidez elevada a pesar de ser considerados «alcalinos» en discursos no científicos.

Asimismo, Raffino (2020) señala que el concepto pH proviene del término «potencial de hidrógeno», dado que refleja la concentración efectiva de iones H^+ en una muestra. Su escala logarítmica, generalmente comprendida entre 0 y 14, permite clasificar las soluciones como ácidas, neutras o básicas. Esta característica logarítmica implica que una variación de una unidad representa un cambio de diez veces en la concentración de protones, aspecto que suele pasar desapercibido en interpretaciones simplificadas.

En el campo del tratamiento de aguas, el pH es un parámetro crítico. Su valor condiciona la solubilidad de metales pesados, la eficacia de procesos de cloración y desinfección, la actividad microbiológica y el rendimiento de procesos como coagulación, floculación y adsorción. Por ello, el control del pH constituye un requisito indispensable en plantas de tratamiento y en cualquier sistema destinado a reutilización o descarga de efluentes.

Figura 8

La escala de medida del Ph



Nota. El grafico muestra la escala del Ph según los colore. Extraído de Concepto.de PH. Sólidos Totales en Suspensión

De acuerdo con Microlab (2016), los sólidos suspendidos corresponden a una fracción de material presente en el agua caracterizada por su elevada diversidad en cuanto a tamaño, composición y origen. Esta heterogeneidad se debe a que dicho material puede incluir partículas minerales, fragmentos orgánicos, microorganismos, residuos industriales y otros componentes que permanecen flotando o dispersos en la columna de agua sin sedimentar rápidamente.

La presencia de sólidos suspendidos está estrechamente relacionada con la turbiedad, ya que estas partículas interfieren con el paso de la luz, generando el aspecto opaco característico del agua contaminada. Por esta razón, en aplicaciones de monitoreo continuo se emplean sensores de turbidez como una herramienta indirecta para estimar la concentración de sólidos suspendidos en tiempo real. Sin embargo, la relación entre turbidez y cantidad real de sólidos no es proporcional ni constante, debido a variaciones en el tamaño, forma, densidad y color de las partículas presentes.

Por ello, cuando se requiere verificar el cumplimiento de normas ambientales o sanitarias, el procedimiento que mantiene validez oficial es el método gravimétrico, el cual consiste en la filtración, secado y pesaje del material retenido en un filtro. Este método proporciona una medición directa y

cuantificable de la masa de sólidos por unidad de volumen, convirtiéndose en el criterio definitivo para evaluaciones regulatorias y estudios científicos.

Temperatura

Raffino (2020) señala que la temperatura constituye una propiedad física fundamental, entendida como la manifestación del nivel de energía cinética asociado al movimiento aleatorio de las partículas que conforman un material, ya sea en estado gaseoso, líquido o sólido. En términos microscópicos, cuando las moléculas se desplazan con mayor rapidez, el sistema presenta un incremento en su temperatura; por el contrario, una disminución en la velocidad molecular se refleja en valores térmicos más bajos.

La percepción cotidiana del frío y el calor se encuentra estrechamente vinculada con esta magnitud, permitiendo al ser humano identificar de forma sensorial diferencias térmicas aun sin instrumentos de medición. No obstante, la cuantificación precisa requiere el uso de escalas estandarizadas y dispositivos especializados, los cuales permiten establecer rangos de referencia, como el considerado normal para la temperatura corporal, parámetro clínico esencial en la evaluación del estado de salud.

Desde una perspectiva aplicada, la temperatura desempeña un papel determinante en múltiples procesos físicos y químicos. En la industria y la metalurgia, regula reacciones, transforma materiales, modifica fases y controla la eficiencia energética de numerosos procedimientos. En el ámbito ambiental y sanitario, influye en la solubilidad de gases en el agua, en la actividad microbiológica y en la velocidad de reacciones bioquímicas, convirtiéndose en un parámetro crítico en el tratamiento de aguas residuales y en la calidad de los ecosistemas acuáticos.

Aguas residuales que contaminan el agua y el suelo

García (2019) enfatiza que prácticamente todas las actividades desarrolladas por el ser humano, tanto en entornos domésticos como industriales y productivos, generan efluentes líquidos que no pueden ser reincorporados de manera directa a los cuerpos de agua naturales sin previo tratamiento. Estos vertimientos pueden contener elevadas concentraciones de materia orgánica biodegradable, aceites y grasas, así como compuestos altamente peligrosos para los ecosistemas, tales como metales pesados, solventes industriales, hidrocarburos y otros agentes químicos tóxicos.

Si bien en muchos contextos las aguas residuales son conducidas hacia instalaciones de tratamiento, la capacidad operativa, tecnológica o de control de estas plantas suele ser insuficiente, lo que ocasiona que los procesos de depuración no alcancen los niveles necesarios para proteger la salud ambiental. En numerosos casos, especialmente en zonas con infraestructura limitada, industrias informales o deficiencia en fiscalización, los efluentes son descargados directamente en ríos, quebradas, lagunas u otros cuerpos receptores.

Las razones de estas descargas directas pueden incluir la ausencia total de sistemas de tratamiento, los costos económicos asociados a su operación y mantenimiento, la falta de normativas aplicadas de forma efectiva, así como incidentes accidentales como derrames, fugas o fallas estructurales en redes de alcantarillado. Esta práctica contribuye significativamente al deterioro de los ecosistemas acuáticos, generando procesos de eutrofización, pérdida de biodiversidad, alteración de la calidad del agua y riesgos sanitarios para las poblaciones que dependen de estos recursos.

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

Carbón activado

El carbón activado es un material altamente poroso con gran superficie interna, capaz de retener diversas sustancias mediante adsorción. Se obtiene a través de procesos de carbonización y activación que mejoran su capacidad de captura molecular.

Activación química del carbón

La activación química consiste en tratar el material precursor con agentes como ácido fosfórico o hidróxido de potasio y calentarlo a altas temperaturas, generando una estructura más porosa y aumentando el rendimiento del carbón obtenido.

Aguas residuales

Se denomina aguas residuales a aquellas que han sido modificadas por el uso humano y que requieren tratamiento antes de ser reutilizadas o vertidas en cuerpos de agua, debido a su potencial riesgo ambiental y sanitario.

Eucalipto

El eucalipto es un árbol de gran altura con corteza gris, hojas aromáticas y frutos en forma de cápsula, ampliamente reconocido por su rápido crecimiento y sus características botánicas particulares.

Uva

La uva es el fruto de la vid, formada por bayas agrupadas en racimos, cuyo color y sabor varía según la variedad, y es utilizada tanto para consumo directo como para la producción de bebidas y derivados.

Cloruro de zinc

El cloruro de zinc es un compuesto inorgánico soluble en agua, utilizado por sus propiedades antimicrobianas y astringentes en aplicaciones médicas, veterinarias e industriales.

Filtración

La filtración es un proceso físico que separa partículas sólidas de un líquido utilizando un medio poroso que retiene los sólidos y permite el paso del fluido.

Límites máximos permisibles

Los límites máximos permisibles son valores regulatorios que establecen la concentración máxima aceptada de sustancias en un efluente para evitar riesgos ambientales y de salud

Parámetros físicos- químicos

Los parámetros fisicoquímicos describen las propiedades físicas y químicas del agua, pero no indican directamente su efecto sobre los organismos vivos, por lo que suelen complementarse con análisis biológicos.

Parámetros microbiológicos

Los parámetros microbiológicos evalúan la presencia de microorganismos indicadores de contaminación y patógenos en el agua, permitiendo determinar su aptitud para consumo humano.

2.4 HIPÓTESIS

Hi: La eficacia de un filtro de carbón activado de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) y uva (*Vitis vinífera*) es diferente para mejorar la calidad de las aguas residuales.

Ho1: La eficacia de un filtro a base de carbón activado de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) y uva (*Vitis vinífera*) no es diferente para mejorar la calidad de las aguas residuales.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE DE CALIBRACION

Filtración

2.5.2. VARIABLE EVALUATIVA

Calidad de las aguas residuales

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES (DIMENSIONES E INDICADORES)

Tabla 7

Operacionalización de variables

Variable de calibración	Indicadores	Valor final	Tipo de variables
Filtración	Diferentes especies madereras para producir carbón activado	Carbón activado en base a uva Carbón activado en base a eucalipto	Nominal
Variable evaluativa	Indicadores	Valor final	Tipo de variables
Calidad de las aguas residuales	Parámetros microbiológicos		Numérica continua
	• Coliformes Termotolerantes	• NMP/100 mL	
	Parámetros físicos		
	• pH		
	• Temperatura	• unidad	
	• Sólidos Totales en Suspensión	• °C • mL/L	
	• Aceites y grasas	• mg/L	
	Parámetros químicos		
	• Demanda Bioquímica de Oxígeno	• mg/L	
	• Demanda Química de Oxígeno	• mg/L	

Nota. La tabla muestra las variables y sus indicadores respectivos de la investigación. Los datos están adaptados del D.S 003-2010 MINAM

CAPÍTULO III

MÉTODOLÓGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Según los criterios de clasificación metodológica de Supo y Zacarías (2020), la investigación se enmarca dentro de un diseño prospectivo, dado que la obtención de la información se realizó de manera directa en el transcurso del estudio, utilizando fuentes primarias provenientes del trabajo experimental ejecutado por el propio investigador.

En cuanto al nivel de intervención, el estudio corresponde a un diseño experimental con intervención directa, ya que el investigador controló y manipuló activamente la variable independiente, participando en la preparación del carbón activado, su incorporación en el sistema de tratamiento y la posterior recolección de las muestras para análisis. Desde el enfoque de manejo de variables, el estudio se clasifica como analítico, debido a que se evaluaron múltiples variables, destacando la variable independiente tipo de carbón activado empleado y la variable dependiente variación en la calidad del agua residual, medida mediante parámetros físico químicos y microbiológicos. Respecto al número de mediciones realizadas, el diseño fue longitudinal de mediciones repetidas, puesto que la variable dependiente fue evaluada en dos momentos temporales claramente definidos: antes de la aplicación del carbón activado y después del tratamiento. Para ello, se remitieron dos series de muestras al laboratorio especializado con el fin de determinar cambios en los parámetros de calidad y verificar la eficiencia del proceso de adsorción.

3.1.1. ENFOQUE

El presente trabajo se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, el cual se caracteriza por seguir una secuencia lógica y estructurada de

procedimientos orientados a la comprobación empírica. Este tipo de enfoque requiere que cada fase metodológica sea ejecutada de manera ordenada, dado que los pasos son dependientes entre sí y no es posible omitir etapas sin afectar la validez del estudio. El proceso inicia con la formulación de una idea de investigación, que posteriormente se delimita, permitiendo plantear objetivos e interrogantes, así como realizar la revisión de antecedentes y construir el sustento teórico correspondiente. A partir de estas interrogantes se plantean hipótesis y se identifican las variables relevantes, diseñándose un procedimiento experimental para su verificación. Posteriormente, se procede a medir dichas variables en un contexto específico, analizar los resultados mediante técnicas estadísticas y finalmente obtener conclusiones fundamentadas (Hernández et al., 2014).

Una característica esencial de este enfoque es que la recolección de datos se basa en la medición objetiva, utilizando instrumentos y procedimientos validados y reconocidos por la comunidad científica. Los datos obtenidos se expresan en forma numérica, lo que permite cuantificar los fenómenos estudiados y aplicar métodos estadísticos para su interpretación, garantizando precisión, confiabilidad y reproducibilidad en el análisis (Hernández et al., 2014).

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

La investigación desarrollada se enmarca dentro del enfoque aplicado, también denominado utilitario o constructivo, debido a que su finalidad principal es emplear el conocimiento teórico existente para resolver una problemática específica en un contexto real. Este tipo de estudio no se limita únicamente a generar saber científico, sino que orienta sus esfuerzos hacia la implementación de soluciones prácticas que produzcan efectos inmediatos en la realidad estudiada.

En este sentido, la investigación aplicada se interesa por intervenir, transformar o mejorar una situación concreta, utilizando

fundamentos teóricos como base para diseñar acciones, procedimientos o tecnologías que puedan implementarse directamente. Su propósito central es “conocer para actuar”, es decir, producir resultados que tengan utilidad operativa más que aportar teorías de alcance general o universal. Por ello, su valor se encuentra en la capacidad de generar impacto tangible en un entorno particular y en contribuir a la resolución de problemas específicos (Sánchez y Reyes, 2002).

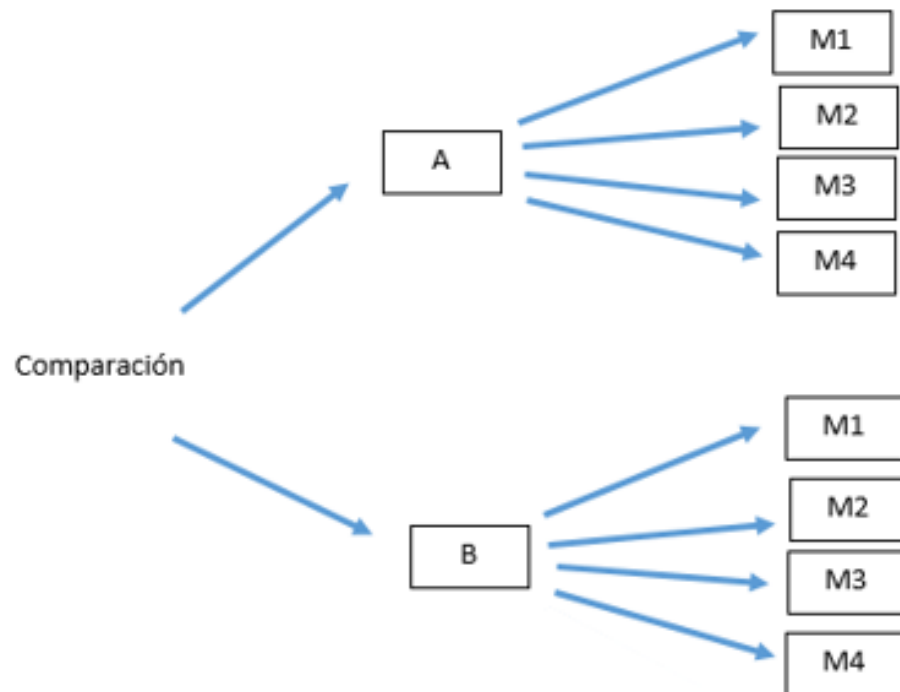
3.1.3 DISEÑO

El diseño metodológico adoptado correspondió a un experimento verdadero, en la medida en que se trabajó con más de un grupo sometido a intervención directa por parte del investigador. En esta investigación no se incluyó un grupo control, sino dos grupos experimentales diferenciados por el tipo de carbón activado empleado como tratamiento: uno elaborado a partir de residuos de uva (Grupo Experimental 1) y otro obtenido de restos de eucalipto (Grupo Experimental 2).

Ambos grupos recibieron el mismo procedimiento experimental bajo condiciones controladas, aplicándose el carbón activado correspondiente al agua residual y efectuándose posteriormente la evaluación de los parámetros seleccionados. Esta estructura permitió comparar el desempeño de cada material adsorbente y determinar la eficacia del proceso de filtración en la mejora de la calidad del efluente tratado (Supo y Zacarías, 2020).

Figura 9

Representación gráfica del diseño



Nota. La figura muestra la representación gráfica y lo que representa: A: Intervención con carbón activo en base de uva. B: Intervención con carbón activo en base de eucalipto.

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1 Población

El estudio estuvo comprendido por una población constituida por las aguas residuales contaminadas por aceites, grasas, coliformes termotolerantes y sólidos en suspensión que son vertidos en el punto de vertimiento ubicado en el Jr. Malecón A.R y Seichi Izumi, provincia de Huánuco y departamento de Huánuco.

Tabla 8*Localización de la población*

Localización UTM zona 18L	
Norte	Este
8901150	0363343

Nota: La tabla muestra las coordenadas UTM de la población para el presente estudio.

3.2.2 Muestra

La muestra del estudio estuvo constituida por 20 litros del agua del agua que son vertidos en el punto de vertimiento ubicado en el Jr. Malecón A.R y Seichi Izumi, provincia de Huánuco y departamento de Huánuco. Esta cantidad de agua será separada en 2 filtros.

3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

3.1.1 PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Tabla 9*Técnicas instrumentos*

Variable	Indicadores	Técnica	Instrumentos o recursos	Reciente y preservación
Carbón activo				

Calidad de aguas residuales	Parámetros microbiológicos		
	Coliformes Termotolerantes	Tubos múltiples de fermentación	V. esterilizado - triosulfato
	Parámetros físicos	Observación	
	- Ph - Temperatura - Sólidos Totales en Suspensión - Aceites y grasas	- pH-metro/C° - pH-metro/C° - Hach TSS - Rancimat	- Frasco vidrio - Frasco vidrio - Frasco vidrio, Refrigerar a 4°C - Frasco vidrio, HCl
	Parámetros químicos		
	- Demanda Bioquímica de Oxígeno - Demanda Química de Oxígeno	- Soxhlet - Espectrofotómetro	- Frasco vidrio - Refrigerar a 4°C - Frasco vidrio - H2SO4

Nota. La tabla muestra los indicadores e su respectivo instrumento a usar para realizar las mediciones

Protocolo para la elaboración del carbón activo

1. Recolección de la materia prima

Recolección de materia prima, se empezó a recolectar los residuos de poda de la uva y el eucalipto, un promedio de 2 kg por cada residuo, continuando con el paso del secado al sol de estos residuos al menos durante un día soleado, ya que es necesario que estas se encuentren bien secas para

obtener un carbón vegetal de mejor calidad y será cortado en pequeños pedazos.

2. Colocar en papel aluminio los trozos.

Figura 10

Materia prima cortada en papel aluminio



Nota: La materia prima usada fue los restos de poda de uva y eucalipto, los cuales fueron secados y trozados.

3. Colocar en el horno a 250 °C.

Figura 11

Colocación de la materia prima en el horno



Nota: Una vez la materia prima se procede a colocar en papel aluminio para su posterior quemado en el horno.

Figura 12

Trabajo con el asesor en el laboratorio



Nota: Trabajo en el laboratorio con el apoyo del asesor.

4. Al término dejar enfriar y proceder a moler.

Figura 13

Materia prima carbonizada y molida



Nota: Se muestra la materia prima ya quemada y pasada por la etapa de la molidora.

5. Tamizar el carbón activado.

Figura 14

Materia carbonizada y tamizada



Nota: Se muestra una parte de la materia prima ya pasada por la etapa de tamizado.

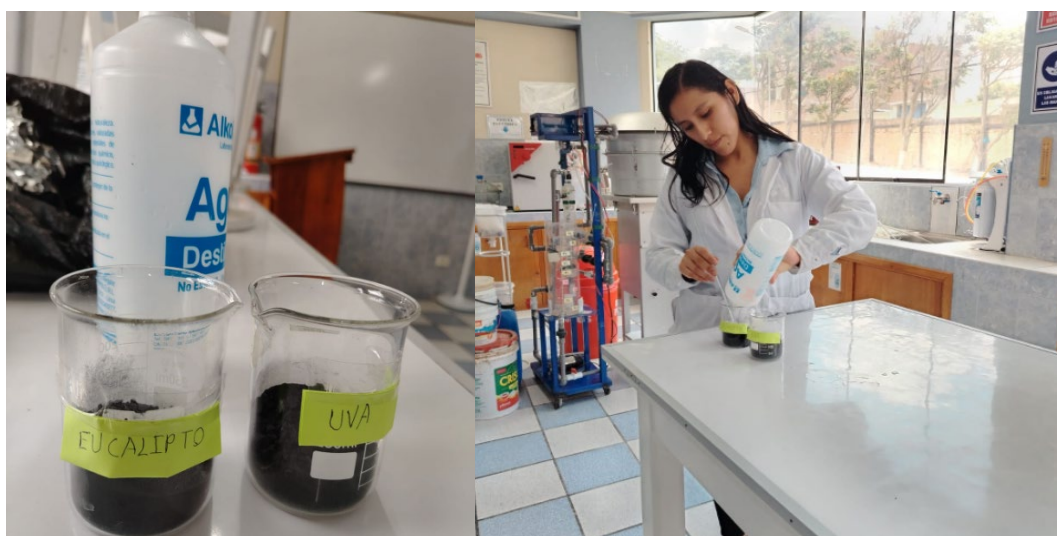
6. Se procede a la activación química por 1kg de carbón aplicar ácido fosfórico 2 ml al 40%

7. Dejar que el carbón absorba y dejar reposar durante 24 horas.

8. Finalmente pasado las 24 horas se procede a lavar con agua destilada y dejar secar otras 24 horas.

Figura 15

Activación química del carbón activado



Nota: Se muestra la etapa de activación del carbón con ácido fosfórico.

9. Para finalmente al almacenar en un recipiente hermético.

Protocolo para la elaboración de filtro

El sistema de tratamiento empleado incorpora un filtro de carbón activado, el cual actúa como una etapa de pulido o refinamiento del agua tratada, desempeñando una función equivalente a la de un post-filtro adsorbente utilizado en plantas municipales de tratamiento (Solutions, 2017). En este tipo de configuración, el filtro de carbón se instala posteriormente a las capas de grava y arena, permitiendo la remoción específica de componentes orgánicos disueltos que no son eliminados de forma eficiente en las etapas previas.

Su función principal es adsorber sustancias responsables de olor, sabor y color, así como compuestos orgánicos sintéticos de mayor persistencia, tales como pesticidas, residuos farmacéuticos, hidrocarburos u

otros contaminantes antropogénicos que permanecen en el agua luego de procesos físicos de filtración. Este comportamiento se explica por la elevada superficie interna y capacidad adsorbente del carbón activado, que facilita la retención de moléculas pequeñas y medianas solubles en el medio acuoso.

En el contexto de la presente investigación titulada: “Comparación de la eficacia de un filtro a base de carbón activado de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) y uva (*Vitis vinífera*) para mejorar la calidad de las aguas residuales domésticas”, se tomó como referencia la configuración propuesta por Solutions (2017). No obstante, para adecuar el sistema a las necesidades experimentales del estudio, se modificaron los espesores de las capas filtrantes, estableciéndose una estructura específica para esta investigación, la cual se detalla en la sección siguiente:

Filtro A:

Capa A: Piedra grande $e=0.25$ cm,

Capa B: Gravilla $e=0.10$ cm

Capa C: Arena gruesa $e=0.05$ cm y carbón activado a base de poda de eucalipto $=0.20$ cm

Capa D: Agua residual

Filtro B:

Capa A: Piedra grande $e=0.25$ cm,

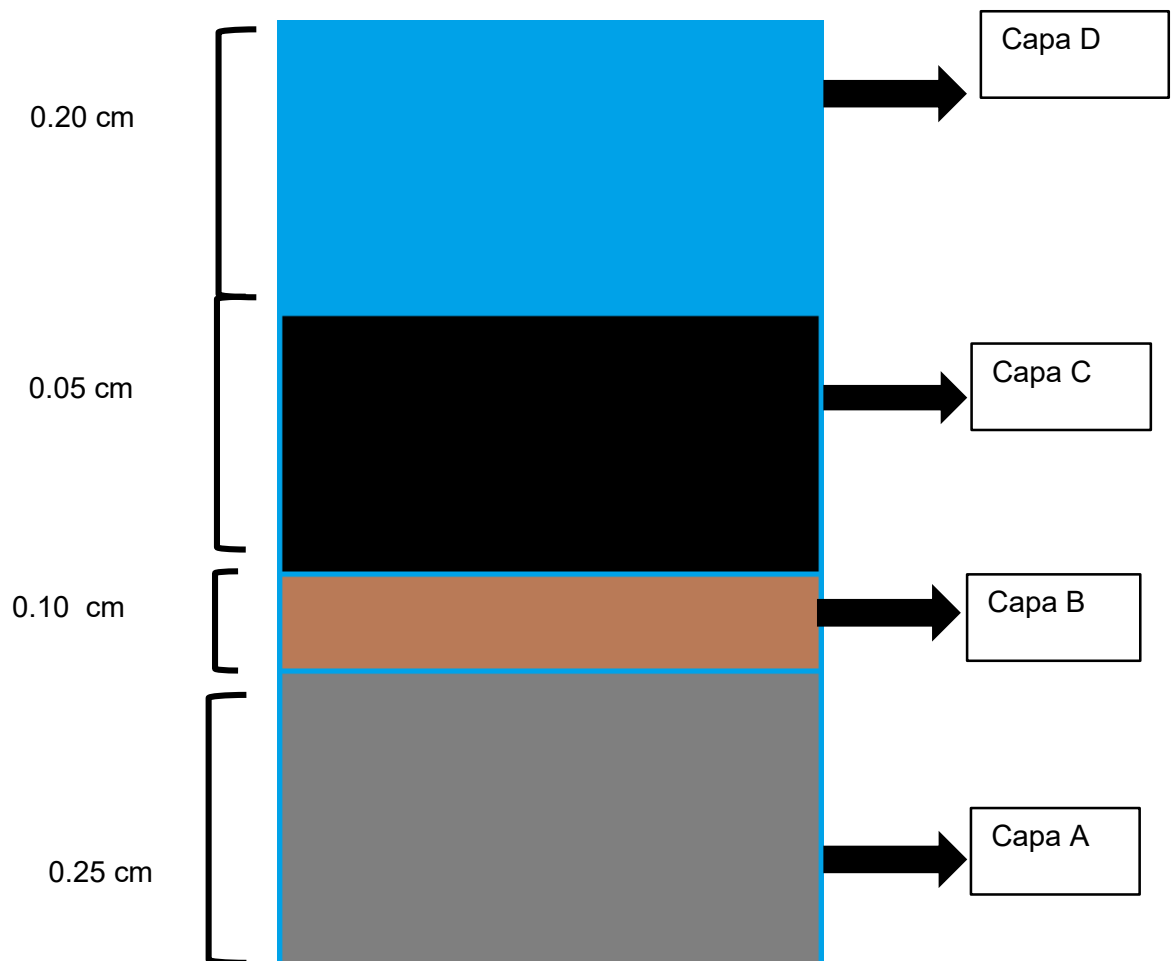
Capa B: Gravilla $e=0.10$ cm

Capa C: Arena gruesa $e=0.05$ cm y carbón activado a base de poda del tallo de la uva $e=0.20$ cm

Capa D: Agua residual

Figura16

Representación gráfica del diseño



Nota. La figura muestra el modelo para la elaboración del filtro, con las respectivas capas y sus dimensiones.

A continuación, se muestra las fotos:

Figura 17

Filtros caseros



Nota: Se muestra los filtros elaborados caseros para la ejecución de la tesis.

3.2.2 Para la presentación de datos

Para la presentación de datos, se consideró usar distintas tablas, que ayudará a comparar los resultados que se obtengan de forma más didáctica y entendible, el tomará él cuenta también el grafico circular para conocer el porcentaje de cada parámetro a analizar en el presente estudio se trabajará con porcentajes al 100%. Ambos gráficos me ayudarán a interpretar los resultados y analizarlos con más claridad, a la vez será muy útil para realizar la discusión y conclusiones del presente estudio.

Los datos se registraron tanto físicamente en la ficha de datos como en un archivo de Excel donde se recopilará toda la información de forma ordenada.

3.3 TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

En el presente estudio se considerara el uso del software estadístico SPSS versión 25.0 tal programa permitirá un análisis completo de cada variable a analizar, mediante este programa se analizara los recopilara los datos obtenidos en campo, mediante este programa se analizara textos y nos brindara información relevante ya que el presente proyecto trabajara con diversos parámetros, estos datos serán plasmados en gráficos no complejos y muy didácticos que permitirá entender claros, y pueden resumir los datos más relevantes, mediante la estadística de dos variables definidos ya en el presente proyecto, el contraste de la hipótesis planteada se realizara mediante la prueba T.

Los datos serán plasmados en Excel y serán procesados de forma directa y rápida por el software estadístico SPSS versión 25.0

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

El estudio tuvo como objetivo comparar la eficacia del carbón activado a base de uva (tratamiento 1) y eucalipto (tratamiento 2) para mejorar la calidad de las aguas residuales. Continuación expreso los resultados obtenidos:

4.1 PROCESAMIENTO DE DATOS

Concentración de los parámetros físico/químicos y microbiológicos en la muestra testigo

Previo a la aplicación del tratamiento con filtros de carbón activado, se realizó un muestreo de las aguas residuales domésticas a fin de establecer una línea base de comparación. Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 10

Resultados de los parámetros físicos de la muestra testigo

ENSAYO	CODIGO DE MUESTRA	TIEMPO DE FILTRACION	RESULTADOS	RESULTADOS TOTAL PROMEDIO
pH	R1	1 hora	9.84	9.87
	R2	2 horas	9.60	
	R3	3 horas	10.05	
	R4	4 horas	10.00	
T°	R1	1 hora	19.85	19.91
	R2	2 horas	19.93	
	R3	3 horas	19.97	
	R4	4 horas	19.90	
SOLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN (mg/L)	R1	1 hora	226.00	206.88
	R2	2 horas	203.05	
	R3	3 horas	199.47	
	R4	4 horas	199.00	
	R1	1 hora	8.81	7.96
	R2	2 horas	8.29	

ACEITES Y	R3	3 horas	7.08
GRASAS	R4	4 horas	7.68
(mg/L)			

Nota: La tabla muestra la concentración del Ph, temperatura, sólidos totales en suspensión y aceites y grasas en las aguas residuales previo a realizar el tratamiento.

En la tabla 10 se puede observar que respecto al Ph la concentración más alta fue en la filtración R3 (10.05) con un promedio de 9.87, la temperatura más alta fue de R3 (19.97) con un promedio de 19.91, los sólidos totales en suspensión estuvieron en una alta concentración siendo el más alto fue de 226 mg/L (R1), con un promedio de 206.88 mg/L. Finalmente respecto a los aceites y grasas se mantuvo en una alta concentración con 8.81 mg/L (R1), con un promedio de 7.96 mg/L.

Tabla 11

Resultados de los parámetros químicos de la muestra testigo

ENSAYO	CODIGO DE MUESTRA	TIEMPO DE FILTRACION	RESULTADOS	RESULTADOS TOTAL PROMEDIO
DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (mg/L)	R1	1 hora	76.50	74.03
	R2	2 horas	73.54	
	R3	3 horas	70.40	
	R4	4 horas	75.68	
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO (mg/L)	R1	1 hora	9.50	8.97
	R2	2 horas	9.60	
	R3	3 horas	8.40	
	R4	4 horas	8.39	

Nota: La tabla muestra la concentración de demanda química de oxígeno y demanda bioquímica de oxígeno previo a realizar el tratamiento donde destaca el valor máximo de la DQO a 76.50 mg/L y DBO el valor máximo 9.60.

En la tabla 11 los valores de DQO obtenidos en la muestra testigo indican una alta carga de materia orgánica en el agua residual, con registros que van desde 70.40 hasta 76.50 mg/L y un promedio general de 74.03 mg/L y respecto a la demanda Bioquímica de Oxígeno los valores también se mantienen relativamente altos con 9.50 mg/L.

Tabla 12

Resultados de los parámetros químicos de la muestra testigo

ENSAYO	CODIGO DE MUESTRA	TIEMPO DE FILTRACION	RESULTADOS	RESULTADOS TOTAL PROMEDIO
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	R1	1 hora	750	693.75 NMP/100ml
	R2	2 horas	720	
	R3	3 horas	700	
	R4	4 horas	605	

Nota: La tabla muestra la concentración de coliformes termotolerantes previo a realizar el tratamiento, encontrándose en el valor más alto a 750 NMP/100ml.

La tabla muestra las concentraciones de coliformes termotolerantes presentes en la muestra de agua antes de aplicar cualquier tratamiento. Los valores registrados oscilan entre 750 NMP/100 ml (R1) y el más bajo 605 NMP/100 ml (R4), con un promedio general de 693.75 NMP/100 ml.

Concentración de los parámetros físico/químicos y microbiológicos del tratamiento con carbón activado de uva

Se realizó el primer tratamiento que consiste en la aplicación de carbón activado a base de uva, en diferentes tiempos de filtración, a continuación, se muestran los resultados obtenidos:

Tabla 13

Resultados de los parámetros físicos del tratamiento 1

ENSAYO	CODIGO DE MUESTRA	TIEMPO DE FILTRACION	RESULTADOS	RESULTADOS TOTAL PROMEDIO
pH	R-1	1 hora	9.514	9.383
	R-2	2 horas	9.518	
	R-3	3 horas	9.486	
	R-4	4 horas	9.014	
T°	R-1	1 hora	19.85	18.91
	R-2	2 horas	19.93	
	R-3	3 horas	18.70	
	R- 4	4 horas	17.16	

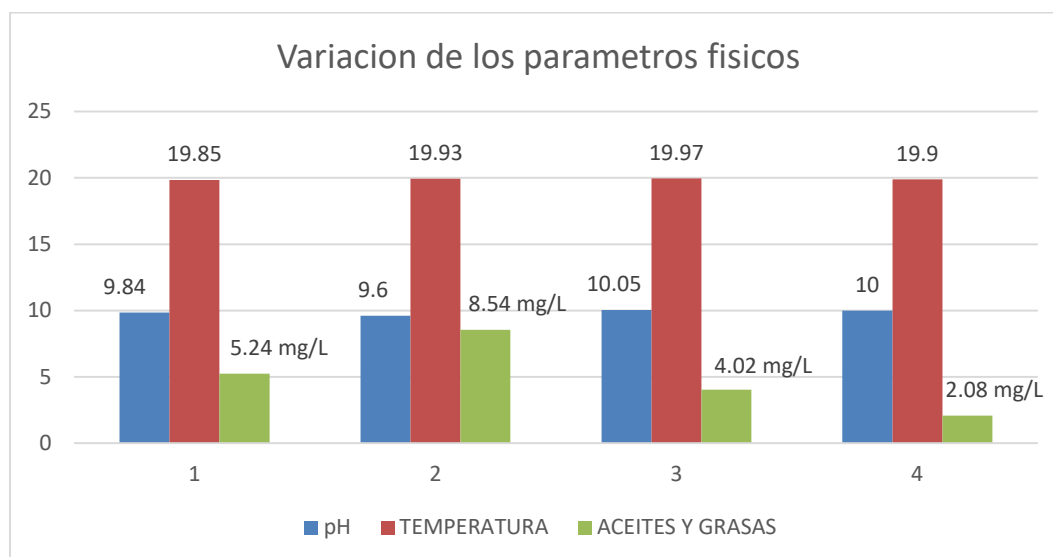
SOLIDOS	R-1	1 hora	250.00	
TOTALES EN	R-2	2 horas	225.00	213.92
SUSPENSIÓN	R-3	3 horas	205.00	
(mg/L)	R-4	4 horas	175.68	
ACEITES Y	R-1	1 hora	5.24	
GRASAS	R-2	2 horas	8.54	4.97
(mg/L)	R-3	3 horas	4.02	
	R-4	4 horas	2.08	

Nota: La tabla 13 se visualizó la concentración del Ph, temperatura, solidos totales en suspensión y aceites y grasas en las aguas residuales con la aplicación del tratamiento del carbón activado de uva.

En la tabla 13 se puede observar que respecto al Ph la concentración más alta fue en la filtración R3 (9.518) con un promedio de 9.383, la temperatura más alta fue de R2 (19.93) con un promedio de 18.91, los sólidos totales en suspensión estuvieron en una alta concentración siendo el más alto fue de 250 mg/L (R1), con un promedio de 213.92 mg/L. Finalmente respecto a los aceites y grasas se mantuvo en una alta concentración con 8.54 mg/L (R2), con un promedio de 4.97 mg/L.

Figura 18

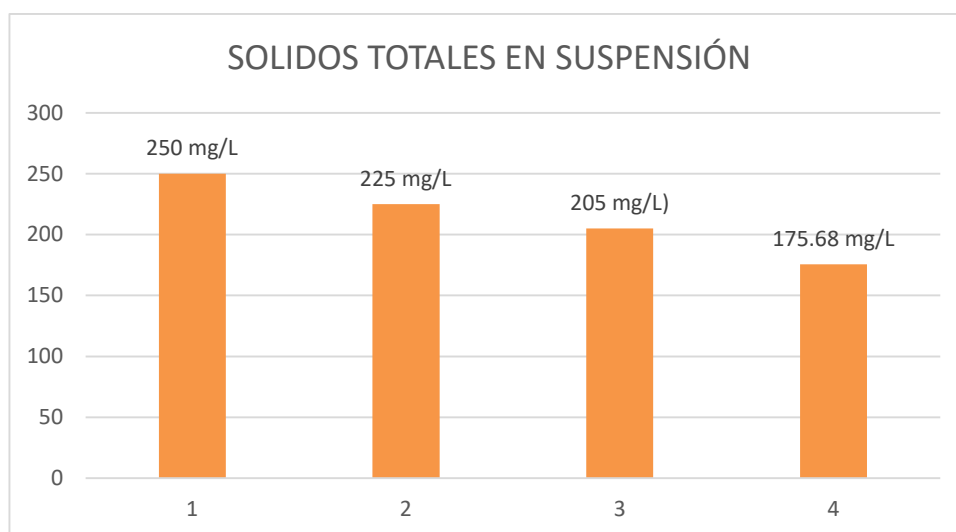
Variación de los parámetros físicos (Ph, temperatura, aceites y grasas)



Nota: La figura muestra la variación del pH, temperatura y aceites y grasas, como se puede observar la concentración de aceites y grasas fue menor en el R4 con 2.08 mg/L.

Figura 19

Variación de los parámetros físicos (Sólidos totales en suspensión)



Nota: La figura muestra la variación de los sólidos totales en suspensión, siendo la de mayor concentración R1 (250 mg/L) y la menor concentración R4 (175.68 mg/L).

Tabla 14

Resultados de los parámetros químicos del tratamiento 1

ENSAYO	CODIGO DE MUESTRA	TIEMPO DE FILTRACION	RESULTADOS	RESULTADOS TOTAL PROMEDIO
DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (mg/L)	R1	1 hora	45.53	37.15
	R2	2 horas	48.00	
	R3	3 horas	25.03	
	R4	4 horas	30.05	
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO (mg/L)	R1	1 hora	9.50	8.99
	R2	2 horas	9.60	
	R3	3 horas	8.40	
	R4	4 horas	8.45	

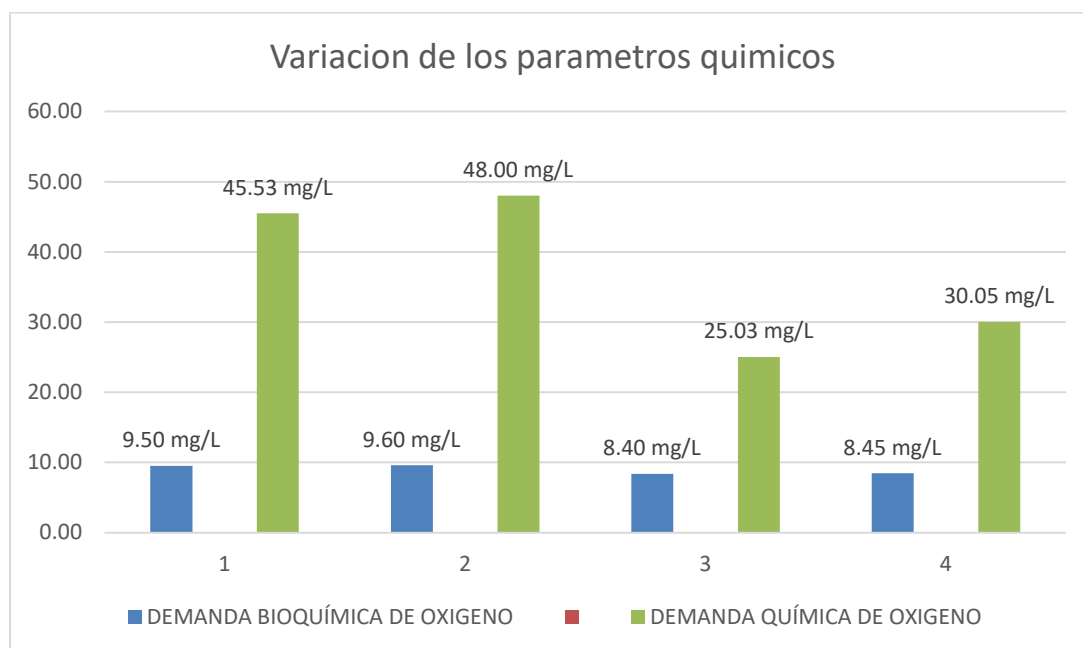
Nota: La tabla muestra la concentración de demanda química de oxígeno y demanda bioquímica de oxígeno con la aplicación del tratamiento del carbón activado de uva.

La tabla 14, demostró que respecto a la demanda química de oxígeno los niveles se mantienen altos R2 (48.00 mg/L) y el nivel donde este disminuyó fue en R3 (25 mg/L). Respecto a la demanda Bioquímica de

Oxígeno el nivel más alto se registró en el R2 (9.60 mg/L) y el más bajo fue en el R43 (8.40 mg/L).

Figura 20

Variación de los parámetros químicos



Nota: La figura muestra la variación de los parámetros siendo en el R2 (48 mg/L) para el DQO y el DBO siendo R2 (9.60 mg/L).

Tabla 15

Resultados de los parámetros microbiológicos del tratamiento 1

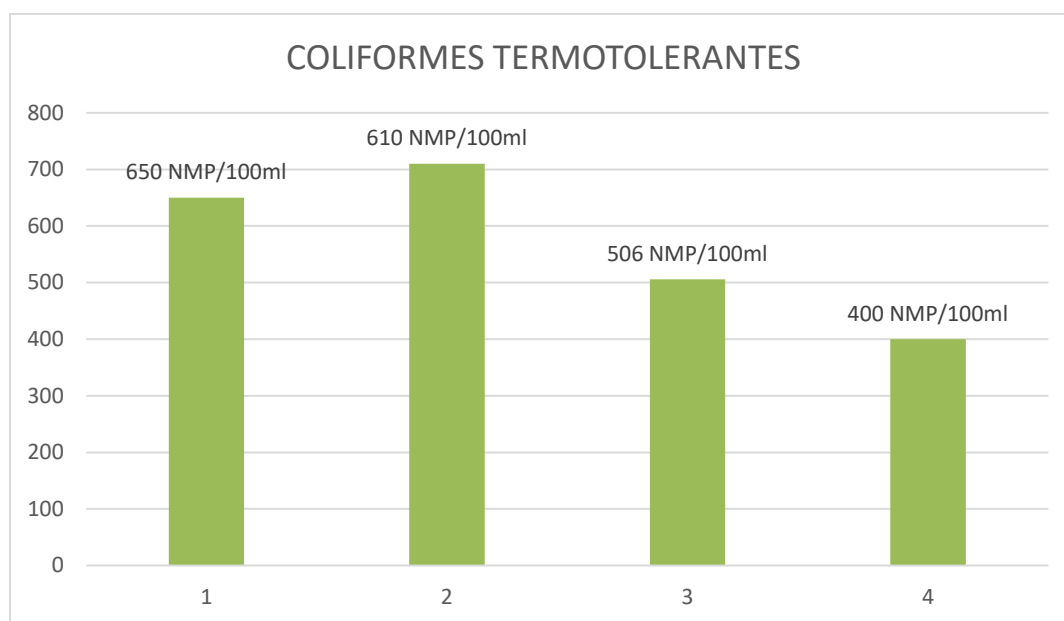
ENSAYO	CODIGO DE MUESTRA	TIEMPO DE FILTRACION	RESULTADOS	RESULTADOS TOTAL PROMEDIO
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	R1	1 hora	650	566.50 NMP/100ml
	R2	2 horas	610	
	R3	3 horas	506	
	R4	4 horas	400	

Nota: La tabla muestra la concentración de coliformes termotolerantes con la aplicación del tratamiento del carbón activado de uva.

La tabla 15, se muestra que la concentración más baja de coliformes termotolerantes fue de 400 NMP/100 ml, una ligera reducción en comparación con el promedio de la muestra testigo (693.75 NMP/100 ml).

Figura 21

Variación de los parámetros microbiológicos



Nota: La figura muestra la variación de los coliformes termotolerables siendo la concentración más alta en el R1 650 NMP/100ml

Concentración de los parámetros físico/químicos y microbiológicos del tratamiento con carbón activado de eucalipto

Se realizó el segundo tratamiento que consiste en la aplicación de carbón activado a base de eucalipto, en diferentes tiempos de filtración, a continuación, se muestran los resultados obtenidos:

Tabla 16*Resultados de los parámetros físicos del tratamiento 2*

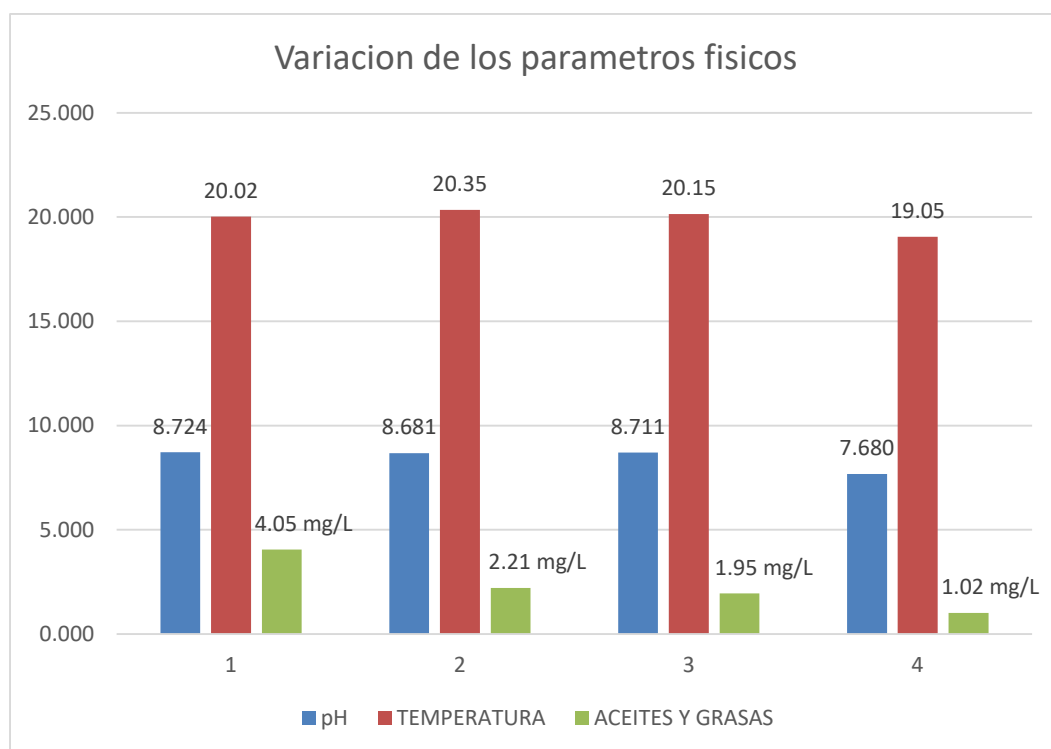
ENSAYO	CODIGO DE MUESTRA	TIEMPO DE FILTRACION	RESULTADOS	RESULTADOS TOTAL PROMEDIO
pH	R1	1 hora	8.724	8.449
	R2	2 horas	8.681	
	R3	3 horas	8.711	
	R4	4 horas	7.680	
T°	R1	1 hora	20.02	19.892
	R2	2 horas	20.35	
	R3	3 horas	20.15	
	R4	4 horas	19.05	
SOLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN (mg/L)	R1	1 hora	200.00	189.257
	R2	2 horas	221.00	
	R3	3 horas	184.00	
	R4	4 horas	152.03	
ACEITES Y GRASAS (mg/L)	R1	1 hora	4.05	2.307
	R2	2 horas	2.21	
	R3	3 horas	1.95	
	R4	4 horas	1.02	

Nota: La tabla muestra la concentración del Ph, temperatura, sólidos totales en suspensión y aceites y grasas en las aguas residuales con la aplicación del tratamiento del carbón activado de eucalipto.

En la tabla 16 se puede observar que respecto al Ph la concentración más alta fue en la filtración R1 (8.724) con un promedio de 8.449, la temperatura más alta fue de R2 (20.35) con un promedio de 19.892, los sólidos totales en suspensión estuvieron en una alta concentración siendo el más alto fue de (R1) 221 mg/L, con un promedio de 189.257 mg/L. Finalmente respecto a los aceites y grasas se mantuvo en una alta concentración con 4.05 mg/L (R1), este descendió en el R4 (1.02 mg/L) con un promedio de 2.307 mg/L.

Figura 22

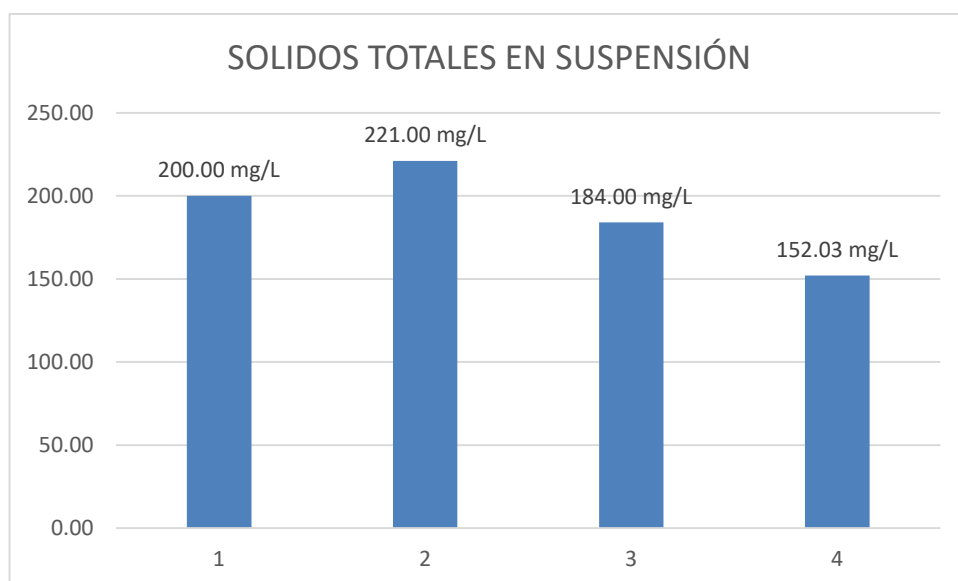
Variación de los parámetros físicos (Ph, temperatura, aceites y grasas)



Nota: La figura muestra la variación de los parámetros físicos, como se puede observar la temperatura se encuentra más elevada fue en el R1 8.724, la temperatura más alta fue R2 (20.35), respecto a los aceites y grasas la más alta fue en 4.05 mg/L.

Figura 23

Variación de sólidos totales en suspensión



Nota: La figura muestra la variación de los sólidos totales en suspensión siendo la concentración más alta en el R2 (221 mg/L).

Tabla 17

Resultados de los parámetros químicos del tratamiento 2

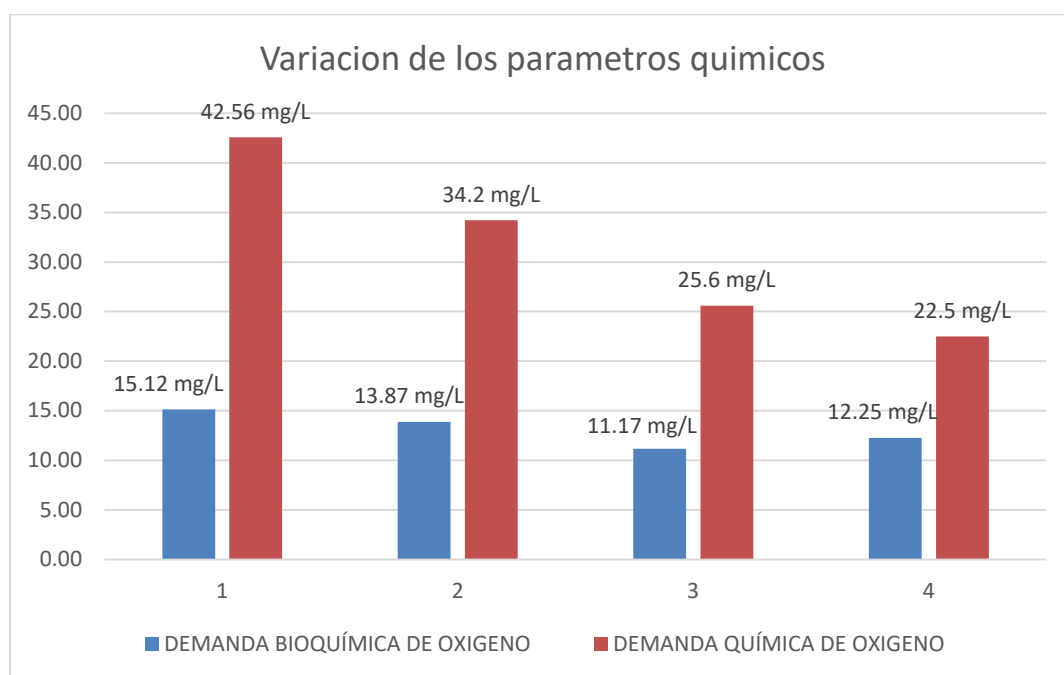
ENSAYO	CODIGO DE MUESTRA	TIEMPO DE FILTRACION	RESULTADOS	RESULTADOS TOTAL PROMEDIO
DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (mg/L)	R1	1 hora	42.56	31.215
	R2	2 horas	34.20	
	R3	3 horas	25.60	
	R4	4 horas	22.50	
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO (mg/L)	R1	1 hora	15.12	13.1025
	R2	2 horas	13.87	
	R3	3 horas	11.17	
	R4	4 horas	12.25	

Nota: La tabla muestra la concentración de demanda química de oxígeno y demanda bioquímica de oxígeno con la aplicación del tratamiento del carbón activado de eucalipto.

La tabla 17, demostró que respecto a la demanda química de oxígeno los niveles se mantienen altos R1 (42.56 mg/L) y el nivel donde este disminuyo fue en R4 (22.50 mg/L). Respecto a la demanda Bioquímica de Oxígeno el nivel más alto se registró en el R1 (15.12 mg/L) y el más bajo fue en el R3 (11.17 mg/L).

Figura 24

Variación de los parámetros químicos



Nota: La figura muestra la variación de los sólidos totales en suspensión siendo el valor más alto del DBO en el R1 (15.12 mg/L) y el DQO en el R1 (42.56 mg/L).

Tabla 18

Resultados de los parámetros químicos del tratamiento 2

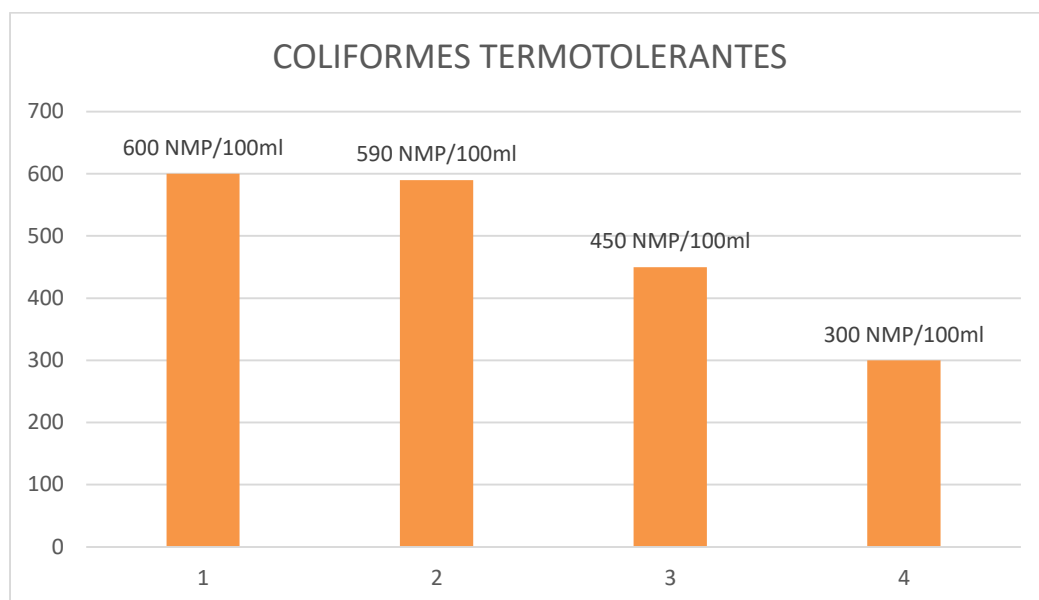
ENSAYO	CODIGO DE MUESTRA	TIEMPO DE FILTRACION	RESULTADOS	RESULTADOS TOTAL PROMEDIO
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	R1	1 hora	600	485 NMP/100ml
	R2	2 horas	590	
	R3	3 horas	450	
	R4	4 horas	300	

Nota: La tabla muestra la concentración de coliformes termotolerantes con la aplicación del tratamiento del carbón activado de eucalipto.

En la tabla 18, se observa que la concentración de los COLIFORMES TERMOTOLERANTES al inicio R1 (600 NMP/100 ml), este fue descendiendo logrando disminuir la concentración hasta 300 NMP/100 ml. Esto implica una reducción considerable del 51% en comparación con el valor de la muestra testigo 605 NMP/100ml.

Figura 25

Variación de los parámetros químicos



Nota: La figura muestra la variación de los coliformes termotolerables siendo la concentración más alta en 600 NMP/100 ml.

RESULTADOS DEL PROCESAMIENTO DE DATOS

Eficacia en las propiedades físicas

Tabla 19

Resultados de la eficacia agua – uva

PARAMETRO	PROMEDIO AGUA SIN TRATAR	PROMEDIO AGUA TRATADA CON UVA	EFICACIA	% DE VARIACION
Ph	9.87	9.383	-0.05	-4.93
Temperatura	19.91	18.91	-0.05	-5.02
Solidos Totales en suspensión	206.88	213.92	0.03	3.40
Aceites y grasas	7.96	4.97	-0.38	-37.56

Nota: La tabla muestra la concentración de coliformes termotolerantes con la aplicación del tratamiento del carbón activado de eucalipto.

En la tabla 19, se puede observar que con respecto al Ph la variación fue de 4.93%, la temperatura tuvo una variación del 5.02, los Solidos Totales en suspensión tuvo una variación de 3.40% finalmente se obtuvo una mejora importante fue en la eliminación de aceites y grasas: estos bajaron de 7.96 mg/L a 4.97 mg/L, logrando una reducción de más del 37%.

Tabla 20

Resultados de la eficacia agua - eucalipto

PARAMETRO	PROMEDIO AGUA SIN TRATAR	PROMEDIO AGUA TRATADA CON UVA	EFICACIA	% DE VARIACION
Ph	9.87	8.449	-0.14	-14.40
Temperatura	19.91	19.892	0.00	-0.09
Solidos Totales en suspensión	206.88	189.257	-0.09	-8.52
Aceites y grasas	7.96	2.307	-0.71	-71.02

Nota: La tabla muestra la concentración de coliformes termotolerantes con la aplicación del tratamiento del carbón activado de eucalipto.

En la tabla 20, se puede observar que con respecto al Ph la variación fue de 14.40%, la temperatura tuvo una variación del 0.09%, los Solidos Totales en suspensión tuvo una variación de 8.52% finalmente se obtuvo una mejora importante fue en la eliminación de aceites y grasas: estos bajaron de 7.96 mg/L a 2.307 mg/L, logrando una reducción de más del 71.02%.

Comparación de la eficacia de los parámetros físicos uva – eucalipto

Tabla 21

Resultados de la comparación de la eficacia de la uva - eucalipto

Parámetros físicos	UVA		EUCALIPTO	
	EFICACIA	% VARIACION	EFICACIA	% VARIACION
Ph	-0.05	-4.93	-0.14	-14.4
Temperatura	-0.05	-5.02	0	-0.09
Solidos Totales en suspensión	0.03	-3.4	-0.09	-8.52
Aceites y grasas	-0.38	-37.56	-0.71	-71.02

Nota: La tabla muestra la concentración de coliformes termotolerantes con la aplicación del tratamiento del carbón activado de eucalipto.

En la tabla 21, se puede observar que con respecto al Ph la variación del agua filtrada con uva fue de 4.97% y del agua filtrada de eucalipto fue de 0.14%, respecto a la temperatura la variación del agua filtrada con uva fue de 5.02% y del agua filtrada de eucalipto fue de 0.0%, respecto a los sólidos totales en suspensión la variación del agua filtrada con uva fue de 3.4% y del agua filtrada de eucalipto fue de 8.52%. Finalmente, respecto a los aceites y grasas la variación del agua filtrada con uva fue de 37.56% y del agua filtrada de eucalipto fue de 71.02%.

Eficacia en las propiedades químicas

Tabla 22

Resultados de la eficacia agua – uva

PARAMETRO	PROMEDIO AGUA SIN TRATAR	PROMEDIO AGUA TRATADA CON UVA	EFICACIA	% DE VARIACION
Demanda química de oxígeno	74.03	37.15	-0.50	-49.82
Demanda bioquímica de oxígeno	8.97	8.99	0.002	0.22

En la tabla 22, se puede observar que con respecto a la demanda química de oxígeno la variación del agua filtrada con uva fue de 37.15% y respecto a la demanda bioquímica de oxígeno la variación fue de 8.99%.

Tabla 23

Resultados de la eficacia agua – eucalipto

PARAMETRO	PROMEDIO AGUA SIN TRATAR	PROMEDIO AGUA TRATADA CON EUCALIPTO	EFICACIA	% DE VARIACION
Demanda química de oxígeno	74.03	31.215	-0.58	-57.83
Demanda bioquímica de oxígeno	8.97	13.102	0.46	46.06

En la tabla 23, se puede observar que con respecto a la demanda química de oxígeno la variación del agua filtrada con uva fue de 37.15% y del agua filtrada de eucalipto fue de 49.82% y respecto a la demanda bioquímica de oxígeno la variación del agua filtrada con uva fue de 8.99% y del agua filtrada de eucalipto fue de 0.22%.

Comparación de la eficacia de los parámetros químicos uva – eucalipto

Tabla 24*Resultados de la comparación de la eficacia de los parámetros químicos uva – eucalipto*

Parámetros físicos	UVA		EUCALIPTO	
	EFICACIA	% VARIACION	EFICACIA	% VARIACION
Demanda química de oxígeno	-0.50	-49.82	-0.58	-57.83
Demanda bioquímica de oxígeno	0.002	0.22	0.46	46.06

Nota: La tabla muestra la concentración de coliformes termotolerantes con la aplicación del tratamiento del carbón activado de eucalipto.

En la tabla 24, se puede observar que con respecto a la demanda química de oxígeno la variación del agua filtrada con uva fue de 49.82% y del agua filtrada de eucalipto fue de 57.83%. Respecto a la demanda bioquímica de oxígeno la variación del agua filtrada con uva fue de 0.22% y del agua filtrada de eucalipto fue de 46.06%.

Eficacia en las propiedades microbiológicas

Tabla 25*Resultados de la eficacia agua – uva*

PARAMETRO	PROMEDIO AGUA SIN TRATAR	PROMEDIO AGUA TRATADA CON UVA	EFICACIA	% DE VARIACION
Coliformes termotolerantes	693.75	566.5	-0.18	-18.34

El tratamiento con carbón activado de uva logró una reducción del 18.34% en el promedio de coliformes termotolerantes, pasando de 693.75 a 566.5 NMP/100 mL. Este resultado implica una eficacia moderada del tratamiento en la remoción parcial de microorganismos patógenos o sus indicadores.

Tabla 26*Resultados de la eficacia agua – eucalipto*

PARAMETRO	PROMEDIO AGUA SIN TRATAR	PROMEDIO AGUA TRATADA CON EUCALIPTO	EFICACIA	% DE VARIACION
Demanda química de oxígeno	693.75	485	-0.30	-30.09

El carbón activado de eucalipto logró reducir la DQO en un 30.09%, mostrando una eficacia aceptable en la eliminación de materia orgánica total del agua. Sin embargo, no alcanza niveles de remoción elevados, lo que sugiere que este tratamiento por sí solo no es suficiente para cumplir con normativas de vertido ambiental estrictas.

Comparación de la eficacia de los parámetros microbiológicos uva – eucalipto

Tabla 27*Resultados de la eficacia agua – eucalipto*

PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS	UVA		EUCALIPTO	
	EFICACIA	% VARIACION	EFICACIA	% VARIACION
Coliformes termotolerantes	-0.18	-18.34	-0.30	-30.09

El tratamiento con uva alcanzó una reducción del 18.34 %, mientras que el eucalipto logró disminuirlos en un 30.09 %, lo que representa una diferencia considerable entre ambos. Este resultado sugiere que el carbón de eucalipto tiene mejores propiedades antimicrobianas o una mayor capacidad de retención de bacterias en comparación con el de uva, lo que lo convierte en una opción más efectiva para mejorar la calidad sanitaria del agua tratada.

PRUEBA DE NORMALIDAD

Tabla 28.

Prueba de normalidad de la uva

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PH	,412	4	.	,676	4	,007
TEMPERATURA	,266	4	.	,872	4	,307
STS	,138	4	.	,998	4	,993
ACEITES	,210	4	.	,977	4	,881
DQO	,270	4	.	,875	4	,318
DBO	,295	4	.	,785	4	,078
COLIFORMES	,224	4	.	,953	4	,734

Tabla 29

Prueba de normalidad del eucalipto

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PH	,424	4	.	,661	4	,006
TEMPERATURA	,337	4	.	,836	4	,184
STS	,178	4	.	,988	4	,947
ACEITES	,281	4	.	,935	4	,626
DQO	,233	4	.	,945	4	,684
DBO	,188	4	.	,976	4	,880
COLIFORMES	,272	4	.	,882	4	,347

4.2 ESTADISTICO INFERENCIAL Y CONTRASTACION DE HIPOTESIS

Tabla 30

Prueba de T de student de muestras emparejadas

PARAMETROS	UNIDAD	PROMEDIO TRATAMIENTO UVA	PROMEDIO TRATAMIENTO EUCALIPTO	DIFERENCIA DE MEDIA	P VALOR	HAY VARIACION	ES SIGNIFICATIVA P<0.05
Parámetros físicos							
PH	(mg/L)	9.383	8.449	-0.934	0.03	NO	NO
Temperatura	mg/L	18.91	19.892	0.982	0.048	NO	NO
Solidos totales en suspensión	mg/L	213.92	189.258	-24.662	0.040	NO	NO
Aceites y grasas	mg/L	4.97	2.307	-2.663	0.061	SI	SI
Parámetros químicos							
Demanda química de oxígeno	mg/L	34.15	31.215	-2.935	0.152	SI	SI
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	8.99	13.102	4.112	0.06	SI	SI
Parámetros biológicos							
Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	566.5	485	-81.5	0.009	SI	NO

Nota: El tratamiento con carbón activado de uva mostró diferencias estadísticamente significativas en 5 de los 8 parámetros evaluados, destacando una mejora notable en DQO, DBO₅ y coliformes, lo cual indica una eficiencia significativa en la mejora de la calidad del agua residual.

Se plantea la contratación de hipótesis:

Hi: La eficiencia de un filtro a base de carbón activado de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) y uva (*Vitis vinífera*) es diferente para mejorar la calidad de las aguas residuales.

Ho1: La eficiencia de un filtro a base de carbón activado de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) y uva (*Vitis vinífera*) no es diferente para mejorar la calidad de las aguas residuales.

Nivel de significancia 5%

Prueba T DE STUDENT

Según el análisis realizado en las tablas anteriores se demostró que ambos tratamientos (uva y eucalipto) mostraron eficiencias diferentes en varios parámetros clave, como DQO, DBO₅, aceites y coliformes, se rechaza la hipótesis nula (Ho₁) y se acepta la hipótesis alterna (Hi):

- Existe una diferencia significativa en la eficiencia del filtro de carbón activado de eucalipto y uva en la mejora de la calidad del agua residual.

CAPITULO V

DISCUSION DE RESULTADOS

Respecto al objetivo general

Los resultados evidenciaron que ambos tipos de carbón activado contribuyeron a la mejora de la calidad del agua residual, aunque el carbón de eucalipto mostró una eficacia superior en la mayoría de los parámetros evaluados. En términos de reducción de materia orgánica, el filtro de eucalipto logró una mayor disminución de la demanda química de oxígeno (DQO) y de aceites y grasas, mientras que el de uva fue más eficiente en la reducción progresiva de coliformes termotolerantes y en la estabilización térmica del agua.

Calderón (2019) investigó la remoción de arsénico con carbón activado derivado de cáscara de manzana, enfocándose en contaminantes metálicos en aguas subterráneas para consumo humano, mientras que Sánchez (2018) caracterizó carbones de bambú para adsorción química, y Chicote (2018) aplicó carbón activado en un río para mejorar su calidad. A diferencia de estos estudios, que se centraron en contaminantes específicos o en aguas superficiales, el presente trabajo aborda una comparación directa entre dos carbones activados de origen local para el tratamiento de aguas residuales domésticas, integrando parámetros físicos, químicos y microbiológicos. La superioridad del carbón de eucalipto en la reducción de materia orgánica y grasas confirma la hipótesis de que materiales lignocelulósicos con alta área superficial, como reportó Sánchez (2018), son más efectivos para adsorber compuestos orgánicos complejos, mientras que la uva mostró ventajas en la reducción bacteriana, aspecto menos explorado en antecedentes, pero relevante para la calidad microbiológica.

Respecto al objetivo específico 1

En cuanto al primer objetivo específico, que buscó conocer la eficacia de ambos filtros en los parámetros físicos de las aguas residuales, los resultados indicaron que el carbón de eucalipto logró una mayor reducción de sólidos suspendidos y una normalización del pH hacia valores neutros, lo cual es fundamental para minimizar el impacto ambiental y facilitar procesos posteriores de tratamiento o reutilización. Por otro lado, el carbón de uva destacó en la estabilización térmica, reduciendo la temperatura del efluente, lo que puede favorecer la supervivencia de microorganismos beneficiosos en tratamientos biológicos posteriores.

Estos hallazgos amplían lo encontrado por Chiclote (2018), quien reportó reducciones significativas de sólidos con carbones activados, aunque de origen mineral, y sugieren que los carbones de origen vegetal local pueden ofrecer beneficios adicionales en el control térmico y la regulación del pH. Además, la mayor capacidad del carbón de eucalipto para remover aceites y grasas, evidenciada en una reducción superior al 87%, coincide con estudios recientes que emplearon carbones activados de residuos agrícolas para eliminar compuestos lipídicos en aguas residuales de restaurantes (6), lo que reafirma su potencial para tratar aguas domésticas con cargas orgánicas similares.

Respecto al objetivo específico 2

El segundo objetivo específico se centró en evaluar la eficacia de los filtros en parámetros químicos, especialmente en la reducción de la demanda química de oxígeno (DQO) y la demanda bioquímica de oxígeno (DBO). En este aspecto, el carbón de eucalipto mostró una mayor eficiencia en la disminución de la DQO, alcanzando una reducción cercana al 58%, lo que indica una alta capacidad para adsorber compuestos orgánicos oxidables.

Esta performance es coherente con la caracterización de carbones leñosos realizada por Sánchez (2018), que destacó la relación entre microporosidad y adsorción de contaminantes químicos. Sin embargo, se observó un aumento inicial en la DBO con el filtro de eucalipto, posiblemente

debido a la liberación temporal de compuestos orgánicos lixiviables, fenómeno no reportado en estudios previos como el de Calderón (2019), que no evaluó este parámetro. En contraste, el carbón de uva mantuvo valores más estables de DBO, lo que podría estar relacionado con su composición química y menor liberación de sustancias orgánicas. Estos resultados sugieren que, aunque el carbón de eucalipto es más efectivo para eliminar materia orgánica total, el carbón de uva puede ofrecer ventajas en el control de la biodegradabilidad del efluente, aspecto crucial para tratamientos biológicos subsecuentes.

Respecto al objetivo específico 3

En relación al tercer objetivo específico, que abordó la eficacia en parámetros microbiológicos, el filtro de carbón de uva demostró una reducción progresiva y significativa de coliformes termotolerantes, alcanzando una disminución del 42.3% tras cuatro horas de filtración. Este resultado indica que el carbón de uva no solo actúa como adsorbente físico, sino que también puede inhibir el crecimiento bacteriano, posiblemente por la presencia de compuestos fenólicos o polifenoles con propiedades antimicrobianas.

Este aspecto que coincide con observaciones de Chiclote (2018) sobre la capacidad de los carbones vegetales para reducir patógenos. La ausencia de datos microbiológicos para el carbón de eucalipto limita la comparación directa, pero estudios similares sugieren que su estructura y composición también podrían contribuir a la reducción bacteriana. Este hallazgo es relevante, ya que la eliminación de microorganismos patógenos es esencial para la seguridad sanitaria del agua tratada.

CONCLUSIONES

El estudio demostró que ambos filtros de carbón activado contribuyen a la mejora de la calidad de las aguas residuales domésticas; sin embargo, el filtro a base de eucalipto presentó una mayor eficacia global en la remoción de sólidos totales en suspensión, aceites y grasas, así como en la reducción de la DQO y DBO. Por su parte, el filtro de uva mostró una mayor reducción relativa de coliformes termotolerantes, aunque su desempeño en parámetros físico-químicos fue ligeramente inferior al de eucalipto. Por lo tanto, el carbón activado de eucalipto se posiciona como la mejor alternativa integral para el tratamiento de aguas residuales domésticas en la zona de estudio.

- El filtro de eucalipto logró una mayor reducción en sólidos totales en suspensión (reducción acumulada de 26.5% hasta 152.03 mg/L) y aceites y grasas (reducción del 87.2% hasta 1.02 mg/L) en comparación con el filtro de uva (reducción de sólidos del 15.2% hasta 175.68 mg/L y aceites y grasas del 73.8% hasta 2.08 mg/L). Además, el pH del agua tratada con eucalipto se acercó más al rango neutro (7.68) frente al de uva (9.01), lo que favorece la calidad del efluente. Ambos tratamientos mantuvieron la temperatura dentro de rangos aceptables, sin impactos negativos. Estos resultados evidencian que el carbón activado de eucalipto es superior en la mejora de los parámetros físicos del agua residual.
- El filtro de eucalipto mostró una mayor eficiencia en la reducción de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), alcanzando valores de 22.50 mg/L (reducción del 69.6%) y 12.25 mg/L (reducción del 36.4%), respectivamente, tras 4 horas de filtración. En contraste, el filtro de uva alcanzó una DQO de 30.05 mg/L (reducción del 59.4%) y una DBO de 8.45 mg/L (reducción del 5.8%). Aunque la DBO final fue levemente menor en el tratamiento con uva, la reducción porcentual y la tendencia de mejora fueron más consistentes con el eucalipto, lo que confirma su mayor capacidad adsorbente para contaminantes químicos.

- En el caso de los coliformes termotolerantes, el filtro de uva logró una reducción del 42.3% (de 693.75 a 400 NMP/100ml), mientras que el filtro de eucalipto obtuvo una reducción del 37.1% (de 693.75 a 436.25 NMP/100ml). Si bien ambos tratamientos mejoraron la calidad microbiológica del agua, el carbón activado de uva fue ligeramente más eficiente en la remoción de microorganismos indicadores, lo que sugiere que este material posee características superficiales favorables para la adsorción o inactivación bacteriana.
- Los resultados obtenidos en el presente estudio demuestran que, tras el tratamiento con filtros de carbón activado a base de eucalipto y de uva, los principales parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua residual doméstica se redujeron de manera significativa, ubicándose por debajo de los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos por la normativa peruana para efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales. En particular, los valores finales de sólidos totales en suspensión, aceites y grasas, demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y coliformes termotolerantes (400 NMP/100 ml para el filtro de uva y 436.25 NMP/100 ml para el filtro de eucalipto) se encuentran por debajo del LMP de 1000 NMP/100 ml para coliformes termotolerantes, así como de los límites correspondientes para los demás parámetros evaluados.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda mantener un tiempo mínimo de filtración de 4 horas para maximizar la eficiencia en la remoción de contaminantes físicos, químicos y microbiológicos, dado que los resultados mostraron mejoras significativas a este tiempo.
- Para mejorar la estabilidad y eficacia del filtro de carbón activado de uva, se sugiere implementar un pretratamiento que minimice la presencia de materia orgánica soluble que pueda competir por los sitios activos y afectar la reducción de DBO.
- Aunque los filtros de carbón activado mostraron reducción significativa de coliformes, se recomienda complementar el tratamiento con procesos adicionales (por ejemplo, desinfección UV o cloración) para asegurar la eliminación total de microorganismos patógenos.
- Es importante investigar la capacidad de regeneración de los carbones activados y su vida útil en condiciones reales para garantizar la sostenibilidad y costo-efectividad del tratamiento a largo plazo.

CAPITULO V

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, N. (2017). *Adsorción de metales pesados (pb y as) con carbón activado a partir de semillas de eucalipto (Eucalyptus globulus)*. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Químico, Universidad Nacional del Altiplano]. [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/7397/Aguirre_Acha](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/7397/Aguirre_Acha%20Nathali_Yola.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- ANA. (2009). *OS.090 Plantas de tratamiento de aguas residuales DS n° 022-2009*. MINAM. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2686395/OS.090%20Plantas%20de%20tratamiento%20de%20aguas%20residuales%20DS%20n%C2%B0%20022-2009.pdf?v=1641411306>
- Andrade, M., (2015). *Definición de Eucalipto*. <https://www.definicionabc.com/general/eucalipto.php>
- Arriols, E. (2018, agosto). *Qué son las aguas residuales y cómo se clasifican*. <https://www.ecologiaverde.com/que-son-las-aguas-residuales-y-como-se- clasifican-1436.html>
- Ashes to life (2019, febrero). *Ceniza de carbón vegetal vs ceniza de carbón vegetal activado*. <https://www.ashestolife.es/ceniza-de-carbon-vegetal-vs- ceniza-de-carbón-vegetal-activado/>
- Bravo, L. (2020). *Lineamientos para la elaboración, revisión y aprobación de los estándares de calidad ambiental (ECA) y límites máximos permisibles (LMP)*. [Archivo PDF]. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/948251/ANEXO_RM._124-2020-MINAM_-

_LINEAMIENTOS_PARA_LA_ELABORACION_
REVISI%C3%93N_Y_A
PROBACI%C3%93N_DE_LOS_EST%C3%81NDARES_DE_CALIDAD
_A_MBIENTAL_ECA_Y_LIMITES_M%C3%81XIMOS_PERMISIBLES_LM
P_.pdf

Bravo, I., y Garzón Moreno, R. (2023). *Eficiencia del carbón activado procedente del residuo agroindustrial de coco (cocos nucifera) para remoción de contaminantes en agua*. [Tesis para la obtención del título de ingeniero en medio ambiente, Escuela superior Politécnica agropecuaria de Manabí].
<http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/606/1/TMA124.pdf>

Calderón, H. (2019). *Remoción de arsénico mediante el uso del biofiltro de carbón activado a base de cáscara de manzana para el tratamiento de agua subterráneas empleadas para el consumo humano de la comunidad campesina San Marcos de la Aguada, Mala, Lima 2019*. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental, Universidad de Huánuco].
<https://repositorio.udh.edu.pe/handle/20.500.14257/2247>

Irezabal, C. M.L (2016). Filtración [Archivo PDF].
<http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/mlci/filtracion.pdf>

Chand, D., Goyal, J., y Francis, T. (2006). *Activated Carbon Adsorption*.
https://www.academia.edu/41695621/_Activated_Carbon_Adsorption_Chand_and_Goyal_Taylor_Francis_2005_

Chiclote, Y. (2018). *Mejora de la calidad del agua del río cumbe empleando filtro de carbón activado, Cajamarca*. [Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad privada del Norte].
<https://repositorio.upn.edu.pe/item/88918b0f-7579-40ed-afd0-fe879014f3a1>

Comisión Nacional del Agua (2004). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento - Operación y Mantenimiento de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Pretratamiento y Tratamiento Primario [Archivo PDF] <https://files.conagua.gob.mx/conagua/mapas/SGAPDS-1-Libro46.pdf> 15-

Cubillos, C. (2020). *Evaluación de la obtención de carbón activado utilizando bambú de la especie Chusquea Scandens kunth por activación física*. [Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Químico, Universidad de América.] <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7612/1/6131062-2019-2-IQ.pdf>

Calvopiña, J., & Ledesma, R. (2025). Adsorción de Metales Pesados y Mejoramiento del pH con Carbón de Eucalyptus globulus y Piptocoma discolor en Aguas Residuales de la Amazonia ecuatoriana. Revista Multidisciplinar, 9(1).

D. S. N° 003-2010-MINAM. *Aprueba límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales*. 17 de marzo de 2010. https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/ds_003-2010-minam.pdf

DS N° 011-2006-VIVIENDA. OS.090. *Plantas de tratamiento de aguas residuales*. 23 de mayo del 2006. https://www3.vivienda.gob.pe/Direcciones/Documentos/RNE_Actualizado_Solo_Saneamiento.pdf

DS N° 031-2010-SA. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. 26 de setiembre del 2010. <http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/1590.pdf>

Escuela Universitaria Politécnica s.f. (*Manual del carbón activo*. [Archivo PDF]
<http://www.elaguapotable.com/Manual%20del%20carb%C3%B3n%20activo.pdf>

Espigares, M., y Pérez, J. (1985). *Aspectos sanitarios del estudio de las aguas*. Universidad de Granada. Servicio de Publicaciones. Granada.
https://cidta.usal.es/cursos/edar/modulos/edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas_Residuales_composicion.pdf

Espinal, G. (2017). *Eficiencia del carbón activado a base de cascara de coco en el tratamiento de aguas residuales domesticas en el AA. HH. 10 de octubre, distrito de San Juan de Lurigancho, Lima, año 2017*. [Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Ambiental, Universidad Cesar V.]
https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/22568/ESPI_NAL_HG.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Fibras y Normas de Colombia (2014). Filtración: Tipos y aplicaciones.
<https://blog.fibrasynormasdecolombia.com/filtracion-tipos-y-aplicaciones/#Tratamiento-De-Aguas-Residuales-y-Agua-Potable-Mediante-Procesos-De-Filtración>

Fuster, A. (1986). *Prácticas de química general*. EDITUM

García, A. (2018). *Tipos de tratamiento de aguas residuales*. <https://www.ecologiaverde.com/tipos-de-tratamiento-de-aguas-residuales-1448.html>

García, A. (2019, enero). *Cuáles son los agentes contaminantes del agua*.
https://www.ecologiaverde.com/cuales-son-los-agentes-contaminantes-del-agua-1644.html#anchor_1

- García, D. (2019, noviembre). *¿Qué es el pH?* <https://culturacientifica.com/2019/11/28/que-es-el-ph/> Gassos, D. (2010). Enciclopedia temática Lexus. Barcelona
- Gestión (2016, febrero). SUNASS: Solo una de las 204 plantas de tratamiento de aguas residuales cumple las normativas. <https://gestion.pe/economia/sunass-204-plantas-tratamiento-aguas-residuales-cumple-normativas-112050-noticia/>
- Gómez, A., Rincón, S., y Wolfgang, K. (2010). *Carbón activado de cuesco de palma: Estudio de termogravimetría y estructura*. Kassel university press GmbH.
- González, G. (2013, setiembre 9). *Evaluación del contenido de grasas y aceites en descargas de agua residual porcícola con diferentes fuentes energéticas en la dieta alimenticia*. <https://www.porcicultura.com/destacado/Evaluaci%C3%B3n-del-contenido-de-grasas-y-aceites-en-descargas-de-agua-residual-porc%C3%ADcola-con-diferentes-fuentes-energ%C3%A9ticas-en-la-dieta-alimenticia>
- Hernández, H., Fernández, C., y Baptista, L. (2014). *Metodología de la investigación sexta edición*. McGraw-Hill / INTERAMERICANA.
- Jayalakshmi, M., y Balasubramanian, K., (2008). *Simple capacitors to supercapacitors - An overview. International Journal Electrochemical Science*. [Archivo PDF] <http://www.electrochemsci.org/papers/vol3/3111196>
- Callewaert, J., (2014). *Poros de carbón activado* <https://www.desotec.com/es/carbonologia/casos/poros-de-carb-n-activado>

La Agencia de Protección Ambiental EPA (2013, febrero). *Regla revisada de coliformes totales y regla de coliformes totales*.
<https://www.epa.gov/dwreginfo/revised-total-coliform-rule-and-total-coliform-rule>

La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) (2017). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos*.
<http://www.unesco.org/new/es/natural-sciences/environment/water/wwap/wwdr/2017-wastewater-the-untapped-resource/>

Laboratorio de Química Ambiental IDEAM (1997, junio). *Protocolo de toma y preservación de muestras*.
http://www.drcalderonlabs.com/Metodos/Analisis_De_Aguas/Toma_De_Muestras.htm

Lozano, K., Mego, G. Y Ordoñez, L (2024). Eficiencia de filtros de carbón activado a base de capirona, bambú y cáscara de coco en la remoción de contaminantes del agua. *Revista Amazónica de Ciencias Ambientales y Ecológicas*, 3(2).
<https://revistas.unsm.edu.pe/index.php/reacae/article/view/841/1379>

Marín, R. (2012). *Procesos fisicoquímicos en depuración de aguas*. Ediciones Díaz de Santos.

Machacuay, S. (2020). Adsorción de plomo (II) con carbón activado a partir de semillas de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) en la laguna Huascacocha, Yauli, Junín-2020. [Tesis para obtener el grado de Ingeniería Ambiental]. Universidad Continental, Yauli.
https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/9966/3/IV_FIN_107_TI_Machacuay_Yantas_2020.pdf

- Márquez F. (2007, marzo 27). *El carbón activado*.
<https://www.monografias.com/trabajos45/carbon-activado/carbon-activado2.shtml>
- Marsh, H., y Rodríguez, F. (2006). *Carbón activado*. Elsevier Science
- Menéndez, J. (2008). *Residuos de biomasa para la producción de carbones activos y otros materiales de interés tecnológico*. [Archivo PDF]
<https://digital.csic.es/bitstream/10261/4698/1/CursoResiduos.pdf>
- Méndez, A. (2011). Filtración.
<https://quimica.laguia2000.com/general/filtracion>
- Microlab Industrial (2016, enero). *Los sólidos en el agua; maneje sus sólidos y mejore su efluente*. <https://www.aguasresiduales.info/revista/blog/los-solidos-en-el-agua-maneje-sus-solidos-y-mejore-su-efluente>
- MINAGRI (2014). *Eucalipto* [Archivo PDF].
<https://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/sectoragrario/agricola/lineasdecultivosemergentes/EUCALIPTO.pdf>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento MVCS. (2019) *Protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales*. [Archivo PDF].
<http://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/1057.pdf>
- Ministerio del ambiente (2020). Preguntas frecuentes [Archivo PDF]. <https://www.minam.gob.pe/estandares-de-calidad-ambiental/wp-content/uploads/sites/146/2017/06/Preguntas-frecuentes.pdf>
- Ministerio del ambiente (2012). Glosario de términos para la gestión ambiental peruana. <https://es.slideshare.net/hlarrea/minam-glosario-de-terminos-en-gestin-ambiental>

Navarro, J. (2015, mayo). *Definición ABC*.
<https://www.definicionabc.com/general/uva.php>

OEFA - Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (2012).
Fiscalización ambiental en aguas residuales. [Archivo PDF].
https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827

Ocaña, C., y Quispe, S. (2023). Eficacia del carbón activado de leña de Vitis vinífera en el tratamiento de agua residual domestica de Cachiche, Ica. *Ciencia & Desarrollo*, 22(1).

Orozco, C., Pérez, A., Gonzáles, M., Rodríguez, F., y Alfayate, J., (2004) Contaminación Ambiental. Una visión desde la química. Editorial Paraninfo

Organización mundial de la salud OMS (2015). *La calidad del agua y la protección de los ecosistemas*.
https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/waterandsustainabledevelopment2015/water_quality.shtml

Organización de las naciones unidas ONU (2017). *Agenda 2030 sobre el Desarrollo Sostenible*.
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2017/03/las-aguas-residuales-también-pueden-ser-herramientas-para-el-desarrollo-sostenible/>

OK diario (2018, junio 23). *Cómo hacer carbón activado casero*. How to
<https://okdiario.com/howto/como-hacer-carbon-activado-casero-2468200>

Pérez, J., y Gardey, D. (2015). Definicion.de. <https://definicion.de/uva/>)

Prías, J., Rojas, C., Echeverry, Montoya, N., Fonthal, G., y Ariza - Calderón, H. (2011). *Identificación de las variables óptimas para la obtención de carbón activado a partir del precursor guadua angustifolia kunth*.

Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Volumen 35, 135 - 166.

Raffino, E. (2020). Concepto de Temperatura
<https://concepto.de/temperatura/>.

Recasens, F. (2018). *Procesos de separación de biotecnología industrial*.
Universitat Politècnica de Catalunya. Iniciativa Digital Politècnica.

Rincón, N. (2016). *Obtención de carbón activado a partir de diferentes precursores lignocelulósicos: caracterización y evaluación de la capacidad de adsorción de contaminantes fenólicos*. Revista Colciencias tipo, 1, 19-28.
<https://repository.usc.edu.co/bitstream/handle/20.500.12421/785/617-1200-1-SM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Rodríguez, M. (2007). *Demanda química de oxígeno por reflujo cerrado y volumetría*.

Rangel, J. (2024). *Atlas de las Plantas de la Medicina Tradicional Mexicana*.
<http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/apmtm/termino.php?l=3&t=eucalyptus-globulus>

Rodríguez, J. (2024). *Etnobotánica de la Sierra de Baza*.
<https://sierradebaza.org/fichas-tecnicas/fichas-flora-plantas/flora-t-a-z/vid-vitis-vinifera>

Sanchez, J. (2021). *Ecología verde*. <https://www.ecologiaverde.com/como-hacer-un-filtro-de-agua-casero-para-beber-1123.html>

Ruiz, L., y Orbegoso, Y. (2019). *Eficiencia del carbón activado obtenido a partir del endocarpio de “coco” (Cocos nucifera) y semilla de “aguaje” (Mauritia flexuosa), en la remoción de la DBO5 de las aguas residuales domésticas en el distrito de Habana – Moyobamba, 2018*. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Sanitario, Universidad nacional

de San Martín – Tarapoto].
<http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/3345/SANITARIA%20-%20Lenin%20Ruiz%20Valles%20%26%20Kristill%20Yliany%20Orbegoso%20Alvarez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Salcedo, R., Martín, I., y Font, R. (2011). *Mecánica de fluidos Tema5. Operaciones separación sólido-fluido*. Universidad de Alicante. https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/20299/11/tema5_operaciones%20separacion.pdf

Sanchez, I., & Sedano, L. (2023). Eficiencia del carbón activado obtenido de semillas de eucalipto (*Eucalyptus*) y cáscara de cebada (*Hordeum vulgare*) en la bioadsorción de Plomo (Pb), en aguas contaminadas por actividades mineras-Julcani Buenaventura. [Tesis para obtener el título de Ingeniero Ambiental y Sanitario]. Universidad Nacional de Huancavelica.

Sánchez, H., y Reyes, C. (2002) *Metodología y diseño de la investigación científica*. Universidad Ricardo Palma

Sánchez, C. (2018). *Caracterización de carbón activado a partir de bambú “guadua angustifolia kunth” utilizando el método químico* [Tesis para optar el título de ingeniero forestal, Universidad nacional agraria la molina].
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3340/sanchez-montesinos-christian.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sanchez, J. (2021). *Ecología verde*. <https://www.ecologiaverde.com/como-hacer-un-filtro-de-agua-casero-para-beber-1123.html>

Sevilla, U. (2017). *Manual del carbón activo*. Aula. aguapedia. org.
https://www.academia.edu/download/38924321/Manual_del_carbon_activado.pdf

Solutions, A. (2017). *La construccion de un sistema de tratamiento de agua potable*. <https://www.aqsolutions.org/images/2013/03/portable-water-system-handbook-spanish.pdf>

Supo, J., y Zacarías, H. (2020). *Metodología de la investigación científica: Para las Ciencias de la Salud y las Ciencias Sociales*. Independently Published.

Stea, M. (2020, abril). *Cloruro de zinc (ZnCl₂): estructura, propiedades, obtención, usos*. Lifeder. <https://www.lifeder.com/cloruro-de-zinc/>.

Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC). (2019). <https://soloesciencia.com/2019/10/23/que-es-el-ph/#:~:text=Seg%C3%BAn%20la%20Uni%C3%B3n%20Internacional%20de,con%20un%20pH%20conocido%20fijo>.

UNESCO. (2017). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017. Place de Fontenoy. [https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/9A13A8A4E16D102F05258175006A9AD1/\\$FILE/1__15.247647s.pdf](https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/9A13A8A4E16D102F05258175006A9AD1/$FILE/1__15.247647s.pdf)

Vayas, M. (2021). *Análisis del carbón activado de origen vegetal con las costras de coco como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de*

la textilera “ANDELAS” CIA LTDA. Ubicada en el parque industrial de Ambato, provincia de Tungurahua [Tesis previo a la obtención del título de ingeniero civil, Universidad técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/27014>

Vinueza, M. y COMAFORS (2013, julio). *Ficha Técnica No. 15 eucaliptus globulus labill*. <https://ecuadorforestal.org/fichas-tecnicas-de-especies-forestales/ficha-tecnica-no-15-eucalyptus-globulus-labill/>

Wanda, S. (1996). *Guía de aceites esenciales Volumen 138 de Vida natural*.

Závila, C. (2016). Aceites y grasas. Dialnet.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=10119406>

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Erazo Mejia, F. (2025). *Comparación de la eficacia de un filtro a base de carbón activado de eucalipto (Eucalyptus globulus) y uva (Vitis vinífera) para mejorar la calidad de las aguas residuales domesticas en Amarilis - Huánuco – 2025* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Comparación de la eficacia de un filtro a base de carbón activado de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) y uva (*Vitis vinífera*) para mejorar la calidad de las aguas residuales domesticas

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDADES	METODOLOGIA
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL						
¿Cuál es la eficacia de un filtro a base de carbón activado de eucalipto (<i>Eucalyptus globulus</i>) y uva (<i>Vitis vinífera</i>) para mejorar la calidad de las aguas residuales	Comparar la eficacia de un filtro a base de carbón activado de eucalipto (<i>Eucalyptus globulus</i>) y uva (<i>Vitis vinífera</i>) para mejorar la calidad de las aguas residuales	HIPÓTESIS GENERAL Hi: La eficacia de la filtración	Variable de calibración Filtración	Diferentes especies de madereras para producir carbón activado	Carbón activado de uva Carbón activado de eucalipto		Tipo de investigación: Prospectivos, con intervención, analítico y longitudinal

domesticas en Amarilis - Huánuco – 2024?	domesticas en Amarilis - Huánuco – 2024	con carbón activado						Enfoque: Cuantitativo
		químicamente a base de eucalipto (Eucalyptus) y uva (Vitis vinífera) es diferente para mejorar la calidad de las aguas residuales		Parámetros microbiológicos	Coliformes Termotolerantes		NMP/100 mL	Alcance o nivel: Aplicada
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS							Diseño: Experimento verdadero
¿Cuál es la eficacia entre el filtro a base de carbón activado de eucalipto (<i>Eucalyptus globulus</i>) y uva (<i>Vitis vinífera</i>) para los parámetros físicos de las aguas residuales domesticas en Amarilis - Huánuco – 2024?	Conocer la eficacia entre el filtro a base de carbón activado de eucalipto (<i>Eucalyptus globulus</i>) y uva (<i>Vitis vinífera</i>) para los parámetros físicos de las aguas residuales domesticas en Amarilis - Huánuco – 2024		Variable evaluativa Calidad del agua residual	Parámetros físicos	Ph Temperatura Sólidos Totales en Suspensión Aceites y grasa		unidad °C mL/L mg/L	Población: El estudio estuvo comprendido por una población constituida por las aguas residuales contaminadas que son vertidos en el punto de vertimiento ubicado en el Jr. Malecón A.R y
¿Cuál es la eficacia entre el filtro a base de carbón activado de eucalipto (<i>Eucalyptus globulus</i>) y	Conocer la eficacia entre el filtro a base de carbón activado de eucalipto	Ho1: La eficacia de un filtro a						

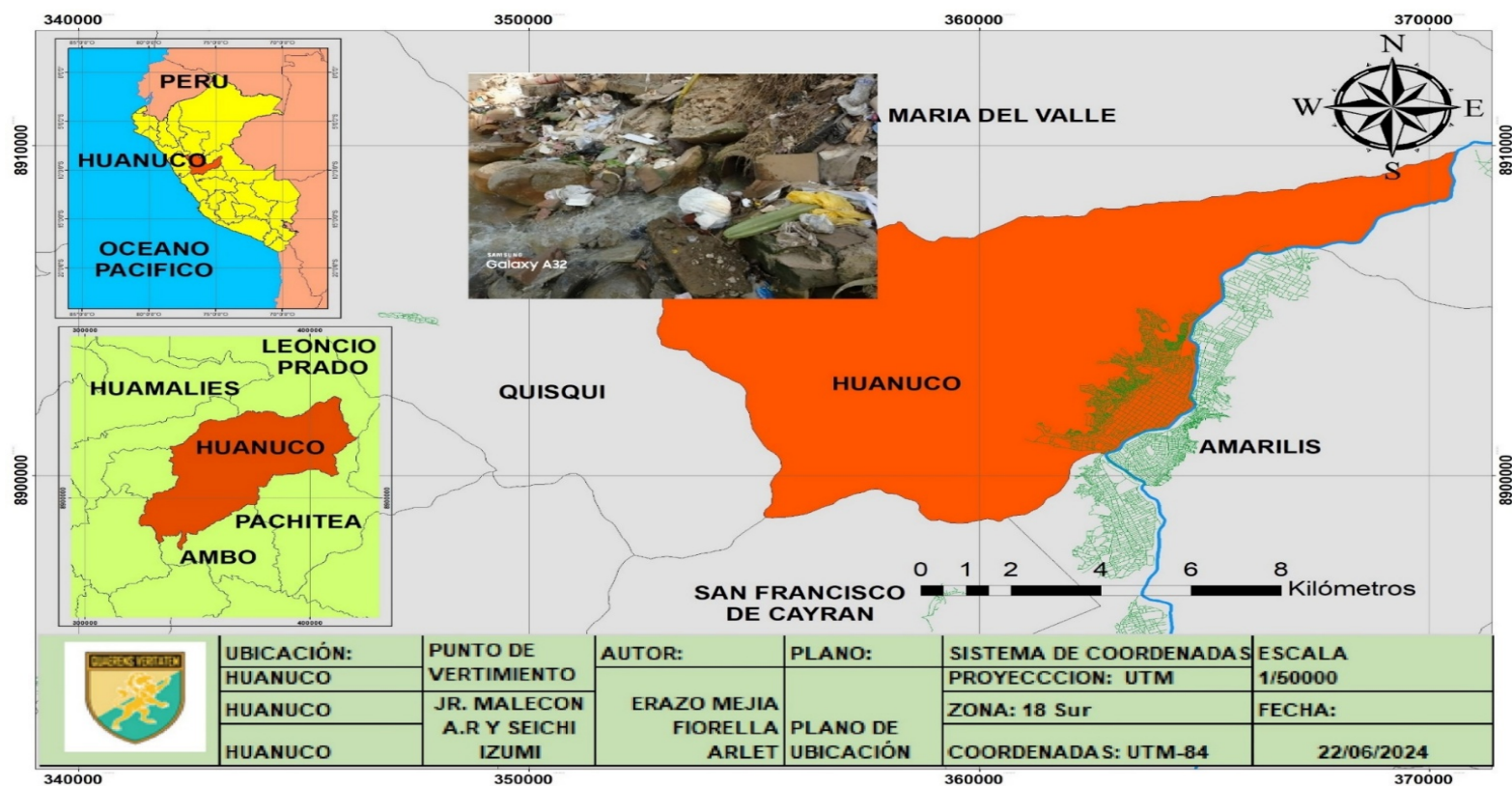
uva (<i>Vitis vinífera</i>) para los parámetros químicos de las aguas residuales domesticas en Amarilis - Huánuco – 2024? ¿Cuál es la eficacia entre el filtro a base de carbón activado de eucalipto (<i>Eucalyptus globulus</i>) y uva (<i>Vitis vinífera</i>) para los parámetros microbiológicos de las aguas residuales domesticas en Amarilis - Huánuco – 2024?	(<i>Eucalyptus globulus</i>) y uva (<i>Vitis vinífera</i>) no es diferente para mejorar la calidad de las aguas residuales. Conocer la eficacia entre el filtro a base de carbón activado de eucalipto (<i>Eucalyptus globulus</i>) y uva (<i>Vitis vinífera</i>) para los parámetros microbiológicos de las aguas residuales domesticas en Amarilis - Huánuco – 2024	base de carbón activado de eucalipto (<i>Eucalyptus globulus</i>) y uva (<i>Vitis vinífera</i>) no es diferente para mejorar la calidad de las aguas residuales.	Parámetros químicos	Demanda Bioquímica de Oxígeno Demanda Química de Oxígeno	mg/L mg/L	Seichi Izumi, provincia de Huánuco y departamento de Huánuco. Muestra: La muestra del estudio estuvo constituida por 20 litros del agua del agua que son vertidos en el punto de vertimiento ubicado en el Jr. Malecón A.R y Seichi Izumi, provincia de Huánuco y departamento de Huánuco. Esta
---	---	---	----------------------------	--	-------------------------	--

¿Los parámetros del agua residual pasada por el filtro a base de carbón activado de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) y uva (*Vitis vinífera*) se encuentra por debajo de lo establecido en Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales?

cantidad de agua será separada en 2 filtros.

ANEXO 2

PLANO DE UBICACION



ANEXO 3

CADENA DE CUSTODIA

Código:								Solicitante:								Provincia:																							
Institución:								Dirección:								Dpto:																							
Teléfono:								Responsable del muestreo								Firma:																							
Código DILAB (1)	CODIGO DE CAMPO	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	TIPO DE MUESTREO(2)	N° de envases			Preservación						Parámetros fisicoquímicos																Parámetros biológicos									
					P (3)	V (3)	F (3)	HCL	H2SO4	HNO3	NaOH	Zn	OTRO	SST	STD	DBO	Aceites y grasas	Metales totales	Cromo	Nitrogeno total	Nitrogeno amoniacal	Nitratos	Nitritos	Fosfatos	Cianuro	Fenoles	Detergentes	Sulfuros	Fluoruros	Plaguicidas	Sulfuros	Fluoruros	Plaguicidas	Coli. Termotolerables	Coli. Totales	Huevo de helmintos			
ENTREGADO																				RECIBIDO																			
Nombres:										Institución:										Nombres:										Institución:									

- 1) Campo exclusivo para el laboratorio AS (Agua residual), AM(Agua de mar), AR(Agua residual),BV(Blanco viajero), BC(Blanco de campo),BE(Blanco de equipo), SE(Sedimentos), LD(Lodos), SU(Suelos)
- 2) P. Plástico, V. Vidrio, E. Estéril

ANEXO 4

RESULTADO DEL LABORATORIO

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN - HUÁNUCO
UNIDAD CENTRAL DE LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN
CENTRO DE ANALISIS Y ENSAYOS

RESULTADO

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

DATOS DEL CLIENTE

INSTITUCION:	COMPARACION DE LA EFICACIA DE UN FILTRO A BASE DE CARBÓN ACTIVADO DE EUCALIPTO (EUCALYPTUS GLOBULUS) Y UVA (VITIS VINIFERA) PARA MEJORAR LA CALIDAD DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS EN AMARILIS - HUÁNUCO - 2023		
MUESTRA	AGUAS RESIDUAL "RIO HUALLAGA"		
SOLICITANTE:	FIORELLA ARLET ERAZO		
DIRECCION:	JR. PROL 26 DE OCTUBRE MZ H	CORREO:	17111735@udh.edu.pe

RESULTADOS FÍSICOS / QUÍMICOS DE LA MUESTRA DE AGUA (TESTIGO)

ENSAYO	METODO DE ENSAYO	CODIGO DE MUESTRA	RESULTADOS	RESULTADOS TOTAL PROMEDIO
Parámetros físicos químicos				
pH	EPA METHOD 9045 D Rev. 4	R1	9.84	9.87
		R2	9.60	
		R3	10.05	
		R4	10.00	
T°	TEMPERATURA	R1	19.85	19.91
		R2	19.93	
		R3	19.97	
		R4	19.90	
SOLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN (mg/L)	APHA 2540-D, págs. 2-58 a 2-59, 21. A edición 2006	R1	226.00	206.88
		R2	203.05	
		R3	199.47	
		R4	199.00	
	SOXHLET	R1	8.81	7.96
		R2	8.29	

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN - HUÁNUCO
UNIDAD CENTRAL DE LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN
CENTRO DE ANALISIS Y ENSAYOS

ACEITES Y GRASAS (mg/L)		R3	7.08	
		R4	7.68	
DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (mg/L)	APHA-AWWA-WEF-5210 B, ED. 21 TH.2005	R1	76.50	74.03
		R2	73.54	
		R3	70.40	
		R4	75.68	
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO (mg/L)	EPA 410.2.1999	R1	9.50	8.97
		R2	9.60	
		R3	8.40	
		R4	8.39	



RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS DE LA MUESTRA DE AGUA (TESTIGO)

ENSAYO	METODO DE ENSAYO	CODIGO DE MUESTRA	RESULTADOS	RESULTADOS TOTAL PROMEDIO
Parámetros microbiológicos				
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	EPA METHOD 9045 D Rev. 4	R1	750	693.75 NMP/100ml
		R2	720	
		R3	700	
		R4	605	

RESULTADOS FÍSICOS / QUÍMICOS DE UVAS

ENSAYO	METODO DE ENSAYO	CODIGO DE MUESTRA	RESULTADOS	RESULTADOS TOTAL PROMEDIO
Parámetros físicos químico				
pH	EPA METHOD 9045 D Rev. 4	R1	9.514	9.383
		R2	9.518	
		R3	9.486	
		R4	9.014	
T°	TEMPERATURA	R1	19.85	18.91
		R2	19.93	
		R3	18.70	
		R4	17.16	
		R1	250.00	

SOLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN (mg/L)	APHA 2540-D, págs. 2-58 a 2-59, 21. A edición.2006	R2	225.00	213.92
		R3	205.00	
		R4	175.68	
ACEITES Y GRASAS (mg/L)	SOXHLET	R1	5.24	4.97
		R2	8.54	
		R3	4.02	
		R4	2.08	
DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (mg/L)	APHA-AWWA- WEF-5210 B, ED. 21 TH.2005	R1	45.53	44.65
		R2	78.00	
		R3	25.03	
		R4	30.05	
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO (mg/L)	EPA 410.2.1999	R1	9.50	8.99
		R2	9.60	
		R3	8.40	
		R4	8.45	

RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS DE LA MUESTRA DE AGUA (UVAS)

ENSAYO	METODO DE ENSAYO	CODIGO DE MUESTRA	RESULTADOS	RESULTADOS TOTAL PROMEDIO
Parámetros microbiológicos				
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	EPA METHOD 9045 D Rev. 4	R1	650	566.50 NMP/100ml
		R2	610	
		R3	506	
		R4	400	

RESULTADOS FÍSICOS / QUÍMICOS DE EUCALIPTO

ENSAYO	METODO DE ENSAYO	CODIGO DE MUESTRA	RESULTADOS	RESULTADOS TOTAL PROMEDIO
Parámetros físicos químico				
pH	EPA METHOD 9045 D Rev. 4	R1	8.724	8.449
		R2	8.681	
		R3	8.711	
		R4	7.680	
T°	TEMPERATURA	R1	20.02	19.892
		R2	20.35	
		R3	20.15	

		R4	19.05	
SOLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN (mg/L)	APHA 2540-D, págs. 2-56 a 2-59, 21. A edición 2006	R1	200.00	189.257
		R2	221.00	
		R3	184.00	
		R4	152.03	
ACEITES Y GRASAS (mg/L)	SOXHLET	R1	4.05	2.307
		R2	2.21	
		R3	1.95	
		R4	1.02	
DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (mg/L)	APHA-AWWA- WEF-5210 B, ED. 21 TH.2005	R1	42.56	31.215
		R2	34.20	
		R3	25.60	
		R4	22.50	
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO (mg/L)	EPA 410.2.1999	R1	15.12	13.102
		R2	13.87	
		R3	11.17	
		R4	12.25	

RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS DE LA MUESTRA DE AGUA (EUCALIPTO)

ENSAYO	METODO DE ENSAYO	CODIGO DE MUESTRA	RESULTADOS	RESULTADOS TOTAL PROMEDIO
Parámetros microbiológicos:				
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	EPA METHOD 9045 D Rev. 4	R1	600	485 NMP/100ml
		R2	590	
		R3	450	
		R4	300	

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. Este informe no debe ser reproducido total o parcialmente sin la aprobación escrita del Centro de Análisis y Ensayos de la UNHEVAL.


ING. GIZETH KLEIDY DAZA CONDERO
JEFE DEL CENTRO DE ANÁLISIS Y ENSAYOS
UNHEVAL

Huánuco, 31 de marzo del 2025

ANEXO 5 PANEL FOTOGRÁFICO



FILTROS DE CAMBON
ACTIVADO



FILTROS DE CARBON DE UVA

LLENADO DEL AGUA
RESIDUAL A LOS FILTROS





FILTRO DE CARBON ACTIVADO
DE AUCALIPTO

PROCESO DE FILTRACION DEL
AGUA RESIDUAL





FILTRO DE CARBON DE UVA
PROCESO DE FILTRACION

PROCESO DE FILTRACION





SACADO DE LA PRIMERA
MUESTRA DE AGUA DE 12
HORAS DE FILTRACION DE
UVA

SACADO DE LA PRIMERA
MUESTRA DE AGUA DE 1
HORA DE FILTRACION CON
EUCALIPTO





SACADO DE LA PRIMERA
MUESTRA DE AGUA DE 3
HORAS DE FILTRACION DE
UVA

SACADO DE LA PRIMERA
MUESTRA DE AGUA DE 4
HORAS DE FILTRACION CON
EUCALIPTO





SACADO DE LA PRIMERA
MUESTRA DE AGUA DE 2
HORAS DE FILTRACION CON
EUCALIPTO

SACADO DE LA PRIMERA
MUESTRA DE AGUA DE 2
HORAS DE FILTRACION CON
UVA





BOTELLAS ETIQUETADAS





BOTELLAS ETIQUETADAS

BOTELLAS ETIQUETADAS



BOTELLAS ETIQUETADAS
LISTOS PARA SU
RESERVACION

TRABAJO EN EL
LABORATORIO CON UNO DE
MIS JURADOS





VISITAS AL LABORATORIO DE LA UNEVHAL: RECONOCIMIENTO DE EQUIPOS



MATERIALES DEL FILTRO

TURBIDIMETRO (TURBIQUANT
1100 T) QUE FORMA PARTE
DEL DBO



EQUIPO DE EXTRACCION
SOXHLET (ACEITES Y
GRASAS)

WTW CAJA DE TESMOSTATO
DE AIRE CIRCULANTE CAJA
(DBO)



TERMOREACTOR
SPECTROQUANT TR 420 (DQO)

ESTUFA ORBITAL SHAKER
MULTI – PURPOSE DIGITAL
(STS)



EQUIPO PARA DETERMINAR
LOS COLIFORMES
TERMOTOLERABLES

