

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA AMBIENTAL



TESIS

**“Efectividad de residuos agrícolas biofuncionalizados paja de trigo
y cáscara de maíz para el tratamiento de aguas residuales de
lavadero de vehículos Huánuco - 2024”**

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

AUTOR: Cánepa Encarnación, Juan Diego

ASESOR: Morales Aquino, Milton Edwin

HUÁNUCO – PERÚ

2025

U

D

H

**TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:**

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

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Contaminación Ambiental
AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería ambiental

Disciplina: Ingeniería ambiental y geológica

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título

Profesional de Ingeniero ambiental

Código del Programa: P09

Tipo de Financiamiento:

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

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 47071485

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 44342697

Grado/Título: Maestro en ingeniería, con mención en:
gestión ambiental y desarrollo sostenible

Código ORCID: 0000-0002-2250-3288

DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Tarazona Mirabal, Herman Atilio	Magister en salud pública y gestión sanitaria gestión y planeamiento educativo	22411008	0000-0001-5319-4708
2	Romero Estacio, Jorge Antonio	Maestro en gestión pública para el desarrollo social	22520481	0009-0000-2063-4076
3	Daga Mendoza, Mercy Yandy	Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental	46654021	0009-0009-0252-8304



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

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

En la ciudad de Huánuco, siendo las 17:00 horas del día 24 del mes de febrero 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. Herman Atilio Tarazona Mirabal (Presidente)
- Mg. Jorge Antonio Romero Estacio (Secretario)
- Mg. Mercy Yandy Daga Mendoza (Vocal)

Nombrados mediante la **Resolución N° 0226-2025-D-FI-UDH**, para evaluar la Tesis intitulada: **"EFECTIVIDAD DE RESIDUOS AGRÍCOLAS BIOFUNCIONALIZADOS PAJA DE TRIGO Y CÁSCARA DE MAÍZ PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LAVADERO DE VEHÍCULOS HUÁNUCO - 2024"**, presentado por el (la) Bach. CANEPA ENCARNACION, JUAN DIEGO; para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Ambiental.

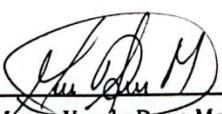
Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

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 3 y cualitativo de Suficiente (Art. 47)

Siendo las 18:13 horas del día 24 del mes de Febrero del año 2025, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.


Mg. Herman Atilio Tarazona Mirabal
DNI: 22411008
ORCID: 0000-0001-5319-4708
Presidente


Mg. Jorge Antonio Romero Estacio
DNI: 22520481
ORCID: 0009-0000-2063-4076
Secretario


Mg. Mercy Yandy Daga Mendoza
DNI: 46654021
ORCID: 0009-0009-0252-8304
Vocal



VICERRECTORADO DE
INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: JUAN DIEGO CÁNEPA ENCARNACIÓN, de la investigación titulada "Efectividad de residuos agrícolas biofuncionalizados paja de trigo y cáscara de maíz para el tratamiento de aguas residuales de lavadero de vehículos Huánuco - 2024", con asesor(a) MILTON EDWIN MORALES AQUINO, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 0857-2024-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA AMBIENTAL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 18 % 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, 20 de noviembre de 2024



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



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO
D.N.I.: 40618286
cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

13. JUAN DIEGO CÁNEPA ENCARNACIÓN.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

7%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

17%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

Submitted to Uttaranchal University,
Dehradun

Trabajo del estudiante

16%

2

hdl.handle.net

Fuente de Internet

<1%

3

repositorio.udh.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

4

repositorio.upagu.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

5

zaloamati.azc.uam.mx

Fuente de Internet

<1%



RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047

cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO
D.N.I.: 40618286

cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

AGRADECIMIENTO

A Dios por *haberme* otorgado la fortaleza y el coraje necesarios para completar este capítulo de mi existencia.

Quiero expresar mi gratitud por la confianza y el respaldo incondicional que mi madre me ha brindado a lo largo de mi vida. Quien ha sido mi guía, corrigiendo mis errores y celebrando mis logros, demostrando siempre su amor incondicional.

A mi padre, cuya presencia ha sido constante a lo largo de mi existencia. Y tengo la certeza de que se siente satisfecho con la persona en la que me he convertido.

Y doy las gracias a cada persona que me respaldó en esta iniciativa.

DEDICATORIA

Quiero dedicar este proyecto principalmente a Dios, quien me ha otorgado la existencia y me ha permitido alcanzar este momento crucial en mi desarrollo académico. Agradezco a mis padres por ser el fundamento principal en mi vida y por mostrarme siempre su amor y respaldo sin límites.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTO	II
DEDICATORIA.....	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
RESUMEN	X
ABSTRACT.....	XI
INTRODUCCIÓN	XII
CAPITULO I.....	13
PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	13
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	13
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	15
1.2.1. PROBLEMA PRINCIPAL	15
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	15
1.3. OBJETIVOS	16
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	16
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	16
1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA.....	16
1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA	17
1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA	18
1.4.4. JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL.....	18
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	19
1.5.1. LIMITACIONES BIBLIOGRÁFICAS.....	19
1.5.2. LIMITACIONES EN EQUIPAMIENTO DE LABORATORIO	19
1.5.3. LIMITACIONES ECONÓMICOS.....	19
1.5.4. LIMITACIONES DE TIEMPO.....	19
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	19
1.6.1. RECURSO TEÓRICO	19
1.6.2. RECURSO ÉTICO.....	19
CAPITULO II.....	20
MARCO TEORICO	20

2.1.	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	20
2.1.1.	ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	20
2.1.2.	ANTECEDENTES NACIONALES	25
2.1.3.	ANTECEDENTES LOCALES	29
2.2.	BASES TEÓRICAS	29
2.2.1.	BIOMASA.....	29
2.2.2.	TIPOS DE BIOMASA	29
2.2.3.	BIOFUNCIONALIDAD	32
2.2.4.	BIOSORCIÓN.....	32
2.2.5.	BIOSORBENTE.....	38
2.2.6.	AGUAS RESIDUALES	39
2.3.	DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	41
2.4.	HIPÓTESIS	43
2.4.1.	HIPÓTESIS GENERAL	43
2.5.	VARIABLES.....	43
2.5.1.	VARIABLE DEPENDIENTE.....	43
2.5.2.	VARIABLE INDEPENDIENTE	43
2.6.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	44
CAPITULO III.....		45
METODOLOGÍA DE LA INVESTIACIÓN		45
3.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	45
3.1.1.	ENFOQUE.....	45
3.1.2.	ALCANCE O NIVEL	45
3.1.3.	DISEÑO.....	45
3.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	46
3.2.1.	POBLACIÓN	46
3.2.2.	MUESTRA.....	46
3.3.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	46
3.3.1.	PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	47
3.3.2.	PREPARACIÓN MEDIANTE LAVADO Y SECADO CONVENCIONAL.....	48
3.3.3.	PREPARACIÓN DEL CARBÓN ACTIVADO MEDIANTE CARBONIZACIÓN HIDROTHERMAL EN PRESENCIA DE H ₃ PO ₄ . (CHAPARRO-GARNICA ET AL., 2020).....	50

3.3.4.	PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS	52
3.3.5.	PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS .	53
CAPITULO IV.....		54
RESULTADOS		54
CAPITULO V.....		67
DISCUSIÓN DE RESULTADOS		67
CONCLUSIONES		72
RECOMENDACIONES.....		74
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		75
ANEXOS.....		81

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tipos de biomasa según su composición	31
Tabla 2 Mediciones físicas previas y posteriores a la aplicación de la biomasa de paja de trigo biofuncionalizada en la purificación de aguas residuales de lavaderos de autos.....	54
Tabla 3 Características físicas antes y después de emplear la biomasa de residuos agrícolas biofuncionalizada proveniente de la cáscara de maíz para tratar los contaminantes presentes en las aguas residuales de los lavaderos de automóviles.....	55
Tabla 4 Valores químicos previos y posteriores a la aplicación de la biomasa de paja de trigo biofuncionalizada en la limpieza de sustancias contaminantes presentes en el agua residual de los lavaderos de automóviles	56
Tabla 5 Analizar los valores químicos previos y posteriores a la aplicación de la biomasa de cáscara de maíz biofuncionalizada en la limpieza de contaminantes presentes en el agua residual de lavaderos de automóviles	57
Tabla 6 Indicadores biológicos antes y después de aplicar la biomasa de residuos agrícolas biofuncionalizados de la paja de trigo para tratar los contaminantes presentes en las aguas residuales de los lavaderos de automóviles.....	58
Tabla 7 Indicadores biológicos antes y después de aplicar la biomasa de residuos agrícolas biofuncionalizados provenientes de la cáscara de maíz para tratar los contaminantes presentes en las aguas residuales de los lavaderos de automóviles	59
Tabla 8 Antes y después de emplear la biomasa de residuos agrícolas biofuncionalizada proveniente de la paja de trigo en el proceso de tratar los contaminantes presentes en las aguas residuales de los lavaderos de vehículos, se observaron cambios en los parámetro	60
Tabla 9 Metales antes y después de emplear la biomasa de residuos agrícolas biofuncionalizada de la paja de trigo para tratar contaminantes en las aguas residuales de lavaderos de automóviles	61
Tabla 10 Antes y después de aplicar la biomasa de residuos agrícolas biofuncionalizada proveniente de la cáscara de maíz en el proceso de tratar	

los contaminantes presentes en las aguas residuales de los lavaderos de vehículos, se analizaron los parámetros correspondientes	62
Tabla 11 Metales antes y después de emplear la biomasa de residuos agrícolas biofuncionalizados provenientes de la cáscara de maíz para tratar contaminantes en las aguas residuales de los lavaderos de automóviles ...	63
Tabla 12 La eficacia de utilizar biomasa de residuos agrícolas tratada con funciones biológicas, proveniente de la paja de trigo y la cáscara de maíz, en la eliminación de contaminantes presentes en las aguas residuales de los lavaderos de vehículos en Huánuco en el año 2024	64
Tabla 13 La eficacia de la biomasa de desechos agrícolas mejorada con funciones biológicas de la paja de trigo y la cáscara de maíz en la eliminación de hidrocarburos y metales en el proceso de purificación de las aguas residuales de los lavaderos de vehículos en Huánuco en el año 2024.....	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Representación del modelo de Langmuir	37
Figura 2 Representación del modelo de Langmuir	38
Figura 3 Cáscara de maíz, Paja de trigo.....	48
Figura 4 Proceso de secado y tritución.....	49
Figura 5 Modulo del dispositivo experimental	52

RESUMEN

El estudio denominado Eficiencia de desechos agrícolas biofuncionalizados: paja de trigo y cáscara de maíz para el manejo del agua residual del lavadero de vehículos, Huánuco - 2024, buscó evaluar la eficacia de la biomasa, en particular las pajas de trigos y las cáscaras de maíz, en las eliminaciones de contaminantes en el agua residual del lavadero de vehículos. Metodología se empleó una técnica innovadora donde la biomasa fue sometida a metamorfosis biofuncionales para potenciar su habilidad de adsorción. Se analizaron las características físicas, químicas y orgánicas de las aguas residuales antes y después de ser tratadas con diversas formas de biomasa. Se realizaron experimentos tanto individuales como en conjunto con las pajas de trigos y la piel de maíz para evaluarse sus efectividades en la erradicación de contaminantes. Los hallazgos revelan que los materiales desplegaron una asombrosa destreza para absorber sustancias. La paja de trigo brilló con luz propia al reducir la turbidez, también la cáscara de maíces brilla con luz propia al eliminar un metal pesado. En cuanto a los componentes orgánico, ambos materiales contribuyeron a reducir la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), siendo la paja de trigo un poco más eficaz en este sentido. Resulta que la mezcla de pajas de trigos y cáscaras de maíz biofuncionalizada se rigen como una opción factible y eficaz para el manejo del agua residual en los lavaderos automovilísticos. La combinación de estas biomásas potencia la eliminación de residuos y eleva la pureza del agua tratada.

Palabras claves: Efectividad, residuos, paja, trigo, cascara, aguas.

ABSTRACT

Titled "Effectiveness of Biofunctionalized Agricultural Residues: Wheat Straws and Corn Husks for the Treatment of Vehicle Wash Wastewater, Huánuco- 2024," this study set out to evaluate two types of biofunctionalized agricultural waste biomass—wheat straws and corn husks—for their ability to remove pollutants from vehicle wash wastewater. Technical Approach In order to increase their adsorption capability, the biomasses were biofunctionalized using an experimental manner. Prior to and following treatment with each biomass, the organic, physical, and chemical properties of the wastewater were assessed. Wheat straw and maize husk were tested individually and in combination to find out how well they removed contaminants. Both materials showed an impressive capacity to absorb chemicals, according to the data. When it came to physical aspects like turbidity, wheat straw worked wonders, but when it came to chemical contaminants like heavy metals, corn husk was far superior. The two materials worked together to lower the COD and BOD levels of organic components, however wheat straw was somewhat more effective. Last thoughts An effective and practical substitute for treating wastewater in car wash facilities is the mixture of biofunctionalized maize husk and wheat straw. Utilizing these biomasses in tandem enhances the treated water's quality while simultaneously maximizing the removal of pollutants.

Keywords: Effectiveness, waste, straw, wheat, husk, water.

INTRODUCCIÓN

La expansión urbana y el auge de las industrias son intensificados la polución del agua residual, especialmente en la zona como el centro de lavado de vehículo, donde florecen, aceite, grasa, sólido disuelto y metal pesado. En Huánuco, la escasez de tecnología de tratamientos eficiente y económica intensifican las necesidades de hallar una alternativa sostenible y local. En este contexto, el desecho agrícola, como las pajas de trigo y las cáscaras de maíz, emergen como opciones prometedores para purificar aguas residuales, gracias a su accesibilidad y su costo accesible.

El propósito de esta investigación es analizar cómo la paja de trigo y la cáscara de maíz tratadas con funciones biológicas pueden contribuir a mejorar la calidad del agua residual de los lavaderos de autos en Huánuco. Se realizó un estudio detallado que abarcó la evaluación de variables físicas, químicas y biológicas antes y después de someter las biomásas a tratamiento. Los datos revelaron avances notables en distintos aspectos: las pajas de trigo disminuyó el pH y las conductividades de agua, mientras que las cáscaras de maíz presentó una disminución en el nivel de sólido disuelto total y grasas y aceites. Tanto el tratamiento A como el tratamiento B, aplicados en la investigación, resultaron sumamente eficaces en disminuir la necesidad de oxígeno a nivel bioquímico (DBO) y químico (DQO), dos aspectos clave al evaluar la pureza del agua.

De acuerdo con los hallazgos del estudio, las pajas de trigo y las cáscaras de maíz, utilizada como tratamiento biofuncionalizado, se revelan como una opción económica y eficaz para el manejo de agua residual en la región. La investigación revela que esta criatura viva no solo neutraliza el contaminante en el agua residual, sino que también elevan las calidades de aguas tratadas, incentivando la conservación del entorno y una gestión ecológica eficiente en Huánuco.

CAPITULO I

PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad, el mundo entero está alarmado por la alarmante proliferación de polución industrial que abarca metal pesado como el cr, ni, cd, pb, hg (Cartaya et al., 2008), (Akar et al., 2009). La sustancia nocivas tienden a vivir eternamente en el entorno, constituyendo un peligro para el bienestar y armonía de la fauna, flora y la salud de las comunidades vecinas al ecosistema. Este fenómeno se materializa a través de la acumulación y la integración en la intrincada danza de la cadena trófica.

(García et al., 2011).

El líquido vital se erige como un pilar esencial e imprescindible para la existencia humana, la cual consume más agua que otras criaturas (Raymundo, 2017). En el transcurso del ciclo hidrológico, se generan residuos que alteran la pureza del agua, desencadenando las contaminaciones conocidas como agua residual (Villanueva y Yance, 2017).

Rodríguez (2017). En los últimos tiempos, la inquietud planetaria ha florecido por la urgencia de enfrentar los desafíos derivados del derrame de aguas residuales generadas en hogares, negocios e industrias, las cuales provocan estragos en el entorno natural. La mayoría de estas corrientes fluyen hacia ríos, lagos y acuíferos, además de infiltrarse en tierras superficiales o subterráneas, mediante sistemas como pozos sépticos y vertederos. La incapacidad de estos manantiales para absorber y neutralizar la carga contaminante condujo a la desaparición de su esencia y a la desaparición de su habilidad para preservar una biodiversidad acuática adecuada.

La vertiginosa expansión de las industrias ha impulsado progresos notables en la evolución humana. Sin embargo, estos sectores industriales consume una cantidad considerable de agua diariamente, lo que desemboca en la generación de residuos. En numerosas ocasiones, estas aguas son liberadas al entorno sin un tratamiento previo, acumulando compuestos

químicos nocivos para el entorno, como metales pesados, desencadenando repercusiones adversas (Cobbina et al., 2019). Frente a los devastadores impactos que generan, ha emergido la imperiosa urgencia de explorar técnicas eficientes y económicas sostenibles para los tratamientos de agua residual, con el fin de permitir las reutilizaciones de agua en múltiple actividad humana. (Każmierczak et al., 2021).

El agua desprovista de tratamiento desencadenan graves problemas de contaminación que devastan la flora, la fauna y la salud humana, desencadenando enfermedades como el cólera y las fiebres tifoideas, entre otras. De acuerdo con datos proporcionados por la ONU, cada día se desatan 2 millones de toneladas de residuos en los océanos. Por ende, es crucial que estas aguas reciban un tratamiento adecuado antes de ser enviadas a un cuerpo receptor, pues podrían experimentar alteraciones en su característica física, química y microbiológica. Así, se evitan los inconvenientes previamente mencionados. (Rodríguez, 2017)

La actualidad de la administración de desechos en Perú despierta inquietud tanto en el ámbito global como en el doméstico. De acuerdo con el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, se calcula que cada día se generan alrededor de 2,217,946 metros cúbicos de aguas residuales que caen en las redes de alcantarillado de empresas privadas, pero solo un 32% de estas son tratadas. La Planta de Tratamientos de Agua Residual, sin importar su origen, carece de la condición esencial para funcionar con eficiencia y carecen de las tecnologías adecuadas para lidiar con los retos específicos de la región en la que han sido ubicadas. (Núñez et al., 2004)

En la Región Huánuco, las contaminaciones del río, laguna y manantial se debe al proceso físico, como tirar basura, desechos de animales, químicos dañinos, bacterias de heces, desechos de fábricas, pesticidas, residuos de minas, mataderos ilegales y lavado de autos. Cuando estos elementos son liberados en la naturaleza, causan problemas y preocupan a la gente. Aunque se usan esos cuerpos de agua para regar los cultivos. En Huánuco, han construido una nueva planta para limpiar el agua sucia. No obstante, los pueblos de esta área no tienen instalaciones para tratar las aguas sucias. Los

lugares donde sacrifican animales están provocando grandes daños al medio ambiente por la falta de buenas instalaciones y la falta de cuidado en proteger la naturaleza. Los problemas mencionados afectan la calidad del medio ambiente y ponen en riesgo la salud pública de forma importante (Bustamante y Paragua, 2022).

Según un informe ambiental regional, casi la mitad (49.53%) de las aguas sucias generadas por todas las actividades en la región no reciben ningún tipo de tratamiento. Según un informe del INEI, el 64.6% de los lugares donde lavan autos no usan tratamientos, lo que hace que sus desechos vayan directamente a ríos, desagües o alcantarillas. Esta acción puede causar daños al entorno natural. No tratar los desechos de las casas en la zona es un problema que afecta al 49.3% de la población. En esta zona, los lugares donde se lavan ropa tiran sus desechos al medio ambiente, como campos, tierras, ríos y otros lugares con agua. (Carhuaricra, 2019)

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA PRINCIPAL

¿Cuál será la efectividad de la biomasa de residuos agrícolas biofuncionalizada de la paja de trigo y la cáscara de maíz para el tratamiento de contaminantes de las aguas residuales de lavaderos de vehículos, Huánuco-2024?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

¿Cuáles son los parámetros físicos antes y después del uso de la biomasa de residuos agrícolas biofuncionalizada de la paja de trigo y la cáscara de maíz para el tratamiento de contaminantes de las aguas residuales de lavaderos de vehículos?

¿Cuáles son los parámetros químicos antes y después del uso de la biomasa de residuos agrícolas biofuncionalizada de la paja de trigo y la cáscara de maíz para el tratamiento de contaminantes de las aguas residuales de lavaderos de vehículos?

¿Cuáles son los parámetros orgánicos antes y después del uso de la biomasa de residuos agrícolas biofuncionalizada de la paja de trigo y la cáscara de maíz para el tratamiento de contaminantes de las aguas residuales de lavaderos de vehículos?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Comparar la efectividad de la biomasa de residuos agrícolas biofuncionalizada de la paja de trigo y la cáscara de maíz para el tratamiento de contaminantes de las aguas residuales de lavaderos de vehículos, Huánuco-2024.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los parámetros físicos antes y después del uso de la biomasa de residuos agrícolas biofuncionalizada de la paja de trigo y la cáscara de maíz en el tratamiento de contaminantes de las aguas residuales de lavaderos de vehículos.
- Determinar los parámetros químicos antes y después del uso de la biomasa de residuos agrícolas biofuncionalizada de la paja de trigo y la cáscara de maíz en el tratamiento de contaminantes de las aguas residuales de lavaderos de vehículos.
- Determinar los parámetros orgánicos antes y después del uso de la biomasa de residuos agrícolas biofuncionalizada de la paja de trigo y la cáscara de maíz en el tratamiento de contaminantes de las aguas residuales de lavaderos de vehículos.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

La presencia de tintes industriales en el agua es un problema grave para el medio ambiente, ya que son tóxicos y pueden dañar los ecosistemas acuáticos y la salud de las personas. Es muy importante

encontrar maneras efectivas de eliminar estas sustancias contaminantes para disminuir sus efectos negativos.

Utilizar materia orgánica de cultivos como filtro es una alternativa ecológica y respetuosa con el entorno, en comparación con los filtros artificiales convencionales.

En esta situación difícil, se puede considerar cómo tratar los desechos de las granjas y las aguas sucias. Tradicionalmente vistas como algo malo para la agricultura, el residuo de la actividad agrícola puede convertirse en recursos valiosos al usarse para limpiar aguas residuales. La biofuncionalización son procesos que aumenta las capacidades de absorción de los desechos, según Agger y Zeuner (2022). Este método no solo se enfoca en manejar la basura, sino que también sugiere usar estos materiales en opciones sustentables para abordar el problema mundial del agua. A menudo, las pajas de trigo y la cáscara de pistachos se ve como residuo agrícola que queda después de las cosechas principales. Las pajas de trigo es lo que quedan de la planta después de recolectar el grano de trigo, según Tufail y otros autores en 2021. Además, la cáscara de maíz es la capa exterior que se eliminan al procesar los pistachos, según Shaikhiev y otros autores (2022). Ambos materiales, a menudo considerados basura, tienen cualidades especiales que los hacen adecuados para ser utilizados en la mejora ambiental y en el tratamiento de aguas sucias. La gran cantidad, el precio bajo y las propiedades naturales de los materiales que absorben sustancias los convierten en herramientas útiles para eliminar contaminantes del agua sucia, sobre todo cuando se les aplican procesos de mejora biológica (Al-Gheethi et al., 2022).

1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

Es importante comparar las biomásas de residuo agrícola tratados, como las pajas de trigo y las cáscaras de maíz, para limpiar el agua sucia de los lavaderos de autos. Esto ayudará a encontrar la mejor y más económica manera de tratar las aguas sucias en lugares con pocos

recursos, promoviendo prácticas sostenibles, protegiendo la calidad del agua y creando un modelo que se pueda usar en otras comunidades con desafíos similares.

Usar desechos agrícolas como absorbentes ayuda a tratar aguas residuales y a manejar de forma sostenible los desechos de la agricultura. Esto podría ayudar a disminuir la contaminación del medio ambiente causada por la acumulación de estos desechos.

1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

Aunque estudios anteriores han mostrado que los restos de plantas de cultivos pueden limpiar sustancias dañinas, es importante confirmar y ampliar estos descubrimientos con un método sólido y que se pueda repetir.

Es adecuado comparar cómo funciona la biomasa de la agricultura con otros materiales que se usan para limpiar aguas sucias. Esto proporcionará información importante sobre lo competitiva que es la biomasa agrícola y sus beneficios en términos de eficacia y coste

1.4.4. JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL

Usar residuo agrícola como absorbentes es una forma ecológica de gestionarse este material. En vez de tirarlo o quemarlo, se les da nuevos usos en los tratamientos de agua sucia, lo que ayuda a disminuir las contaminaciones de suelos y del aire relacionadas con las eliminaciones de desechos de la agricultura. Es muy importante quitar las sustancias contaminantes que están en las aguas sucias para reducir la contaminación del agua y proteger los seres vivos que viven en el agua. Los colores pueden ser peligrosos y permanecer mucho tiempo, lo que afecta la limpieza del agua y la variedad de seres vivos que viven en ella. Utilizar plantas como filtro es una forma efectiva y respetuosa con el medio ambiente para limpiar el agua y hacerla más pura.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. LIMITACIONES BIBLIOGRÁFICAS

Uno de los problemas que enfrentamos en este estudio es que hay poca información en libros sobre investigaciones previas en la zona de Huánuco sobre cómo tratar el agua sucia de lavadero de autos con biomasa biofuncionalizada.

1.5.2. LIMITACIONES EN EQUIPAMIENTO DE LABORATORIO

En el laboratorio universitario, no hay el equipo necesario para activar la biomasa de residuos agrícolas, también conocida como biomasa biofuncionalizada, y llevar a cabo las pruebas requeridas.

1.5.3. LIMITACIONES ECONÓMICOS

En la ejecución de este estudio, nos enfrentamos a restricciones económicas en los análisis de agua (parámetros a examinar), las cuales restringirán la cantidad máxima de muestras que podremos analizar.

1.5.4. LIMITACIONES DE TIEMPO

A causa de circunstancias personales relacionadas con empleos que se encuentran en zonas distintas a Huánuco.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

1.6.1. RECURSO TEÓRICO

Se beneficia de un amplio acceso para explorar y analizar los datos, así como de la aplicación de los conocimientos por parte del investigador.

1.6.2. RECURSO ÉTICO

Al llevar a cabo esta iniciativa, se garantiza que no se perturbará ni se perjudicará a ninguna persona, comunidad o entorno natural. Por el contrario, su objetivo es ofrecer una solución ecológica para el tratamiento de agua residual.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Mkilima et al., (2024) Se investigó si la paja de trigo y la cáscara de pistacho pueden utilizarse como materiales agrícolas para ayudar a limpiar el contaminante del agua residual. El objetivo del estudio fue ver qué tan bien funcionan estos materiales para limpiar aguas sucias, ya sea solos, juntos o en orden. La metodología investigó cómo estos desechos agrícolas tratados con funciones biológicas podrían usarse para limpiar aguas sucias. Los resultados mostraron que conectar los elementos en serie es la forma más eficaz de mejorar la calidad del agua. Se consigue una eficacia casi total al eliminar sustancias importantes como grasas, aceites, partículas sólidas y turbidez. Además, al combinar los tratamientos se observaron efectos positivos al reducir la materia orgánica, metales como as, cd, ni, f, nitrógeno amoniacal y tensioactivos. En un estudio usando solo paja de trigo, se lograron tasas de eliminación entre el 41,3% y el 83,3%. En otro estudio con cáscara de pistacho, las tasas de eliminación estuvieron entre el 43,3% y el 89,1%. En relación a los estudios estadísticos, el modelo de isoterma de Freundlich fue el más adecuado, mostrando valores entre 3,6 y 12,38. Después de revisar los datos del Índice de Calidad del Agua, se encontró que los tratamientos que combinan diferentes métodos son mejores que los que se aplican por separado. Al principio, el Índice de Calidad del Agua para las aguas residuales sin tratar era de 2114,26, lo que indicaba que no eran seguras para beber. Pero después de usar el tratamiento paso a paso, la calidad del agua mejoró mucho, llegando a 154,47.

Saeed et al., (2023) En su estudio sobre cómo quitar el colorante azul de metileno de forma efectiva, se planteó convertir las judías verdes "Phaseolus vulgaris" en materiales magnéticos muy pequeños con polipirrol y polietilenglicol. El objetivo era fabricar un filtro muy bueno para

eliminar el colorante azul de metilo de las aguas residuales. Para hacer esto, se analizaron las características físicas, químicas y funcionales de manera detallada en el estudio, utilizando diferentes enfoques como el cinético, isotérmico y termodinámico. Después de estudiarlo, se encontró que se logra eliminar el 97,96% de una sustancia a una tasa de 47.09 mg/g. Esto se logra al usar las mejores condiciones experimentales para la adsorción por lotes: un pH de 9, una dosis del adsorbente de 0,05, tiempos de contactos de 90' y concentraciones iniciales de colorantes de 50 g/L a 28°C. También se descubrió que los modelos que mejor se ajustaron a la data fue el modelo de Freundlich para las isothermas y modelos de segundo orden pseudo, con valores de R^2 superiores a 0,991 y 0,999 respectivamente. El análisis concluye que los nanocompuestos hechos con materiales de biomasa tienen una fuerte tendencia a absorber tintes.

Mallakpour y Motirasoul, (2023) en el estudio titulado "Mejora de nanobarras de α -MnO₂ con aminoácido natural para eliminar iones Cd(II)", se propuso estudiar cómo modificar las nanobarra de α -MnO₂ con aminoácido natural para crear adsorbentes eficaz en las eliminaciones de iones Cd(II). Para hacerlo, se crearon nanobarra de α -MnO₂ usando métodos hidrotermales. Posteriormente, la superficie fue alterada a través de enlaces covalentes con L-aminoácidos naturales, incluyendo alanina, fenilalanina, leucina, isoleucina, metionina y valina. Las modificaciones realizadas sobre las nanobarras de α -MnO₂ fueron examinadas mediante técnicas de análisis avanzadas, como la espectroscopia en el infrarrojo y la difracción de rayos X, con el fin de estudiar sus efectos detalladamente. También se examinó la forma de las barras mediante microscopía electrónica de barrido y microscopía electrónica de transmisión. La forma de los nanorods mejoró al reducir la cantidad de sustancias biológicas y la agrupación. También se utilizó un análisis especial para demostrar que los aminoácidos se agregaron con éxito a la superficie de las pequeñas barras de α -MnO₂ y para calcular cuánto se enriquecieron funcionalmente. Se estimó que entre un 5% y un 32% del peso de α -MnO₂ estaba formado por aminoácidos

unidos a su superficie. Finalmente, se estudiaron dos sustancias, α -MnO₂ y α -MnO₂ - I - valina, para limpiar iones de cadmio de agua. Termina diciendo que pueden ser muy buenos para quitar iones de cadmio de agua. Los resultados de la adsorción en equilibrio se ajustaron muy bien a los modelos de segundo orden y de Freundlich.

Arora et al., (2022) Se realizó un estudio usando un material natural para eliminar un tinte azul de una solución de agua. Se llevaron a cabo investigaciones para estudiar cómo la biomasa inerte de plantas acuáticas como *Brachiaria mutica* y *Cyperus rotundus* podría usarse para quitar los colorantes azules de metilenos de soluciones de agua. Los estudios incluyeron análisis de isoterma, cinéticas y termodinámicas. En el estudio, se analizaron varios aspectos como la acidez (de 1 a 8 en la escala de pH), la cantidad de material absorbente usado (de 0.2 a 1.6 gramos por cada 100 mililitros), la concentración inicial del tinte (entre 10 y 80 partes por millón), el tiempo de interacción (entre 15 y 120 minutos), la rapidez de mezcla (entre 50 y 250 revoluciones por minuto) y la temperatura (entre 10 y 60 grados Celsius). En los resultados se descubrió que *B. mutica* eliminó el 90% del azul de metileno, mientras que *C. rotundus* eliminó el 94%. *B. mutica* logró este rendimiento con un nivel de acidez de 6 y una cantidad de material absorbente de 0,8g, mientras que *C. rotundus* lo logró con un nivel de acidez de 8 y una cantidad de material absorbente de 1g. Ambos desechos de la agricultura fueron expuestos a una cantidad de tinte de 50 partes por millón, por 60 minutos, con una agitación de 150 revoluciones por minuto y a una temperatura de 40 grados Celsius. *B. mutica* pudo absorber hasta 21.49 miligramos por gramo y *C. rotundus* hasta 21.94 miligramos por gramo. Se descubre que la curva de Langmuir es la que mejor coincide con los resultados del experimento, junto con la velocidad de adsorción de segundo orden en lugar de la de primer orden, para ambas sustancias que se adhieren. Investigaciones recientes muestran que los materiales absorbentes hechos con desechos agrícolas pueden ser útiles para limpiar el agua residual de las fábricas de ropa.

Acheampong et al., (2022) Se hicieron cambios para mejorar el proceso de usar cáscaras de coco en columnas fijas para eliminar el cobre (II) de sistemas, utilizando esta técnica. Se realizó una investigación utilizando una técnica especial para estudiar cómo el cobre (II) es absorbido en la cáscara de coco, un material biológico de origen agrícola, en un sistema de filtración que funciona constantemente. Se obtuvo el mejor resultado en la eliminación de cobre (II) al usar una cantidad inicial de cobre (II) de 10 miligramos por litro, un flujo de 10 mililitros por minuto y una capa de material de 20 centímetros de espesor. El resultado se vio que las capacidades de absorciones de las columnas era 14,5 veces mayor que la lograda en sistemas intermitentes. La mayor ventaja del método de columna es que la concentración aumenta constantemente en la zona de adsorciones a medida que se mueve a lo largo de las columnas, a diferencia de lo que ocurre en sistemas discontinuos donde esta concentración disminuye con el tiempo. Un estudio sobre las características de la cáscara de coco antes y después de ser tratada con biosorción. Se ha descubierto que los filtros de cáscara de coco funcionan muy bien para atrapar el cobre (II) cuando se usa poca cantidad de cobre al principio, se usa poca agua y se tiene una capa de cáscara de coco más gruesa. En estas condiciones perfectas, se observó que el tiempo que duró hasta que ocurrió la falla fue de 58 horas y la cantidad de cobre (II) presente fue de 0,8 mg por litro. Después de esto, la cantidad de cobre en el agua residual superó el límite permitido de 1 mg por litro establecidos por la Agencia de Protección Ambiental de Ghana (EPA).

Díaz et al., (2021) En su estudio sobre cómo los elementos naturales pueden purificar aguas sucias de la industria del petróleo. El objetivo de este estudio es examinar qué tan bien pueden limpiar las aguas residuales de la industria del petróleo varios materiales naturales. En esta parte se explican los componentes utilizados, como las Demandas Químicas de Oxígenos, sulfuro, grasa y aceite, siguiendo las reglas internacionales de APHA e ISO. También se estudiaron las formas en que se absorben y reaccionan diferentes materiales como la fibra de

caña, la cáscara de arroz, la tierra de cultivo, la zeolitas y los lodos activados. En las secciones de Resultado y Discusión, se vio que todo el material absorbiera la mayor cantidad de líquido posible después de 20 minutos. Es importante mencionar que se encontraron datos importantes sobre la cantidad de oxígeno necesario para descomponer sustancias químicas en el empaque. Se registraron valores de 67 y 70 mg/g para el bagazo y la paja de arroz, respectivamente. Se logró reducir de manera exitosa en más del 95% la cantidad de sustancias como sulfuro, grasa y aceite utilizando todos los recursos disponibles. En resumen, se observa que el nivel más alto de DQO (26-63 mg/g) y sulfuros (10-12 mg/g) se logra después de 20' de contactos con los residuos y en condición de empaquetados. Los mejores resultados se lograron al usar lo que queda de la caña de azúcar, la parte fibrosa del arroz y otro ingrediente especial. En este estudio, se tratan principalmente la exploración de petróleo, la recolección, los residuos y los compuestos orgánicos.

Molinero, (2022) Es importante pensar de nuevo en cómo usar la paja de arroz, que es un material sobrante de la agricultura, para reducir su impacto en el medio ambiente y aprovechar su propiedad química en un enfoque de economías circulares. En este estudio reciente, se han conseguido extraer partes de celulosa de la paja usando distintos métodos con agua para quitar la hemicelulosa y la lignina, y luego se ha realizado un proceso de blanqueo. Las fibras extraídas se han usado para hacer materiales llamados aerogeles de celulosa, que se pueden usar en la industria de la comida y de los medicamentos. Este proceso complicado se realiza al congelar y secar las mezclas de agua que tienen las valiosas fibras obtenidas de la extracción. Se han hecho estudios detallados sobre las propiedades de las fibras de aerogeles producidas con distintos métodos, como la extracción a temperaturas bajas o con ultrasonidos. Estas estrategias se presentan como alternativas viables en lugar de usar el método tradicional de extracción alcalina que se ha utilizado en el pasado. Los diferentes modos diferentes de tratar la celulosa funcionaron bien para limpiarla, obteniendo resultados similares al tratamiento clásico con sustancias alcalinas. La forma final de las

fibras afectó cómo lucían los aerogeles. Cada uno de los materiales porosos tenía muchos agujeros y podía absorber mucha agua, pero se dañaron cuando entraron en contacto con el líquido. Los productos desarrollados muestran un buen futuro al utilizar la paja de arroz de forma más amigable con el medio ambiente.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Paccha y Paccha, (2023) Se realizó un estudio detallado para ver qué tan bien pueden absorber desechos de la agricultura e industria con el objetivo de eliminar sustancias contaminantes presentes en el agua residual. Se quiso estudiar y comparar cuidadosamente cuán bien funcionan las cáscaras de desechos de la industria agrícola para limpiar sustancias contaminantes en aguas residuales. Se utilizó un método para preparar las cáscaras en diferentes formas: sin cambios, con cambios previos químicos y con cambios previos físicos, con el fin de utilizarlas como biosorbentes. Se analizaron diferentes materiales de la agricultura y la industria, como las cáscaras de frutas como naranjas, piñas, plátanos, papas, cocos, café, arroz y castañas. Estos materiales fueron procesados usando métodos de activaciones físicas o químicas. Investigaciones han mostrado que la piel de naranja, la cáscara de coco, la cáscara de arroz y la cáscara de castaña tienen la capacidad de absorber sustancias contaminantes debido a sus propiedades naturales y tratamientos químicos. Los desechos de la agricultura y la industria hechos de la parte exterior de las naranjas, cocos y el arroz tienen un gran potencial para atrapar plomo (II), con tasas de retención del 99,2%, 90% y 99%, respectivamente. En cambio, la cáscara de castaña es muy buena para limpiar aguas sucias porque puede eliminar el azul de metileno con un 92% de eficacia. Se descubre que estos materiales son muy buenos para atrapar sustancias químicas que contaminan el agua sucia. El informe describe detalladamente las cualidades positivas de diferentes envolturas, ya sea que hayan sido cambiadas o se mantengan como son, que han demostrado ser efectivas para eliminar sustancias contaminantes. Entre las alternativas existentes, se destacan la piel de

naranja en su forma natural, la cáscara de coco sometida a procesamiento, la cáscara de arroz sin alteraciones y la cáscara de castaña tratada químicamente.

Gutiérrez et al., (2022) se llevaron a cabo estudios para ver si la cáscara de frijol y la cáscara de naranja pueden ayudar a reducir la cantidad de arsénico en el agua del río Moche. Se quería descubrir si estos recursos funcionaban bien para esa tarea en particular mediante un estudio de investigación. En el método que usamos, se emplearon diferentes formas de medir, como la medición de volúmenes, pesos y la utilización de espectrofotómetros. En el experimento se usaron 400 mililitros de agua del río Moche, la cual tenía inicialmente 7,058 miligramos de arsénico por cada litro. En el experimento se usaron distintas cantidades de un material absorbente natural, como 5, 7 y 10 gramos, en recipientes. Se probaron velocidades de agitación de 80 y 100 revoluciones por minuto, y tiempo de contactos de 120 - 180 minutos. Durante el estudio, se observó que la naranja logró absorber el 88.96% de la sustancia, quedando un total de 0.779 mg/L. Por otro lado, los frijoles lograron reducir la sustancia en un 85%, quedando un total de 1.058 mg/L. Este resultado se obtuvo en condiciones óptima de 120', 80 revoluciones por minuto y utilizando 5 gramos de material absorbente. Según esta investigación, se ha demostrado que la cáscara de naranja y la cáscara de frijol son muy efectivas para eliminar más de la mitad del arsénico que hay en el agua del río Moche. Se ha descubierto que la piel de los frijoles absorbe el 85% de arsénico, y la cáscara de naranja logra absorber un 88.96%, lo cual es muy sorprendente. Tanto la cáscara de naranja como la materia orgánica han demostrado ser muy buenas para limpiar el agua del río Moche. La cáscara de naranja ha sido especialmente efectiva para eliminar el arsénico.

Zegarra, (2022) Durante la investigación, el estudio tenía como objetivo analizar cómo el biocarbón hecho de desechos agrícolas puede capturar metales pesados en aguas residuales industriales. Se seleccionaron cuidadosamente los desechos agrícolas más adecuados

para esta tarea. Se llevó a cabo una revisión detallada para lograr este objetivo. En este estudio se empleó un método muy bueno para analizar los libros y escritos. La investigación se basó en revisar documentos de los últimos cinco años. Según el estudio, los desechos agrícolas más comúnmente utilizados incluyeron pasto, cáscaras y tallos de arroz, residuos de tratamiento de aguas, cáscaras de maní, huesos de res, escamas de peces, vegetación de bosques, ramas de plantas de té, tallos de yute y fibra de caña de azúcar. Según lo que encontraron en el estudio, lograron eliminar metal pesado, como cobres en un 47.53%, y el Mn, Fe, Mg y zinc en un 54%, mientras que el Pb disminuyó en un 87%, gracias al uso de biocarbón hecho con paja de arroz y residuos de caña de azúcar. En resumen, los restos de la agricultura utilizados para hacer biocarbón son muy buenos para limpiar agua sucia con metales pesados, lo que permite devolverla a un estado excelente. Esto sucede porque los desechos tienen características físicas y químicas especiales, como tener una superficie grande y poros de varios tamaños, tanto grandes como muy pequeños. Los poros son muy importantes porque ayudan a absorber distintos tipos de sustancias, como líquidos, sólidos y gases, debido a ciertos elementos químicos que contienen.

Vitor et al., (2022) En un estudio realizado en el río Mantaro en Perú, se investigó cómo las hojas de café pueden limpiar el agua contaminada. El objetivo era ver si las hojas de café son efectivas para este fin. El proceso consistió en secar y moler el café a lo largo del río Mantaro en cuatro cantidades diferentes para muestras de 250 ml de agua. Al principio, los niveles de plomo eran de 0.1 mg/L, los de cobre de 4.12 mg/L, los de hierro de 0.01 mg/L y los de zinc de 0.42 mg/L. Además, el pH era de 7.53 y la conductividad eléctrica de 67 uS. Tras tratar la muestra con hojas de café y dejarla descansar por 48 horas, se encontró que la cantidad de metales pesados absorbidos fue nula para el plomo, del 95.15% para el cobre, nula para el hierro y del 52.38% para el zinc. Además, se registró un pH de 7.05 y conductividades eléctricas de 664 microsiemens. Según el estudio, se descubrió que la hoja de café

son muy buenas para limpiar el cobre en aguas sucias, logrando eliminar el 95,15%, la cifra más alta alcanzada.

Pari, (2020) En un estudio titulado "Remoción de cromo dañino en agua usando cáscaras de plátano como filtro natural", se propuso examinar cómo las cáscaras de plátano pueden absorber cromo VI en el agua. Se buscaron los valores perfectos, se calculó el orden de reacción simulado, se analizaron las isothermas y se investigó la termodinámica de la adsorción. Dentro de la metodología utilizada, se evaluó cuánta cáscara de plátano se usó, utilizando una máquina llamada espectrofotómetro de infrarrojo FTIR. El objetivo era identificar los diferentes grupos químicos que se absorben en este proceso. Durante esta evaluación, se encontraron grupos de hidroxilo y carboxilo en la muestra. Según el estudio, se determinó que los valores ideales eran un nivel de acidez de 1.88, una cantidad de materia orgánica de 1.20 gramos por litro y un tiempo de contacto de 73.64 minutos para eliminar el Cromo (VI). Al usar un diseño central compuesto (DCC) en un proceso por lotes, se obtuvieron estos resultados. Se empleó un modelo matemático para ajustar la forma en que se absorben las sustancias, logrando obtener un valor de 0.0940 para el coeficiente de velocidad de reacción. Se notó que podía absorber 4.3370 miligramos por gramo, con coeficientes de determinaciones muy altos de 0.9998. Se empleó el modelo de Langmuir para analizar la adsorción, obteniendo resultados sobresalientes: la cantidad máxima de adsorciones (q_{max}) fue de 36.1011 mg/g, las afinidades del sitio de unión (b) se estableció en 0.4262 L·mg⁻¹, y se obtuvo coeficientes de determinaciones (R^2) de 0.9963. Asimismo, los datos de las termodinámicas de adsorción indican que la captura de Cromo (VI) ocurrió naturalmente y liberó calor en el proceso. En este estudio se analiza cómo la absorción impacta en las aguas residuales de la industria del curtido, las cuales tienen una concentración de 1.24 mg por litro, en la Plantas Pilotos de la Facultad de Ingeniería Química. Se logró una disminución del 61%. Según el autor, el nivel de acidez y la cantidad de material orgánico utilizado afectan la eliminación del Cromo (VI). Se encontraron valores óptimos

de acidez de 1.88, una cantidad de material orgánico de 1.20 gramos por litro y un tiempo de contacto de 73.64 minutos. En estas condiciones, se logró una eliminación del 99.40%. Los datos del experimento de absorción mostraron que se ajustan mejor al modelo cinético de segundo orden falso, con un valor de la constante cinética K_2 de 0.0940 g/mgmin con coeficientes de determinaciones R^2 de 0.999.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

En esta investigación no se encuentran referencias locales previas.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. BIOMASA

Se entiende por biomasa todo aquel material orgánico de procedencia biológica generado en tiempos recientes, dejando fuera de esta categoría a los combustibles fósiles (Fundación Energía sin Fronteras, 2012)

Según un centro de tecnología agraria y alimentaria (2012) es la parte de los productos, desechos o restos que pueden descomponerse y provienen de actividades como la agricultura, la ganadería, la silvicultura y la industria, incluyendo la pesca y la cría de peces. Además, incluye la parte que se puede descomponer de los residuos de fábricas y de las ciudades.

2.2.2. TIPOS DE BIOMASA

2.2.2.1. SEGÚN SU ORIGEN

- **Natural**

Materia orgánica generada de forma natural en el entorno, en ausencia de intervención humana, es conocida como biomasa silvestre. Su utilización presenta limitaciones en términos de rentabilidad debido a los costos asociados con su recolección y transporte. (Centro Tecnológico Agrario y Agroalimentario. ITAGRA.CT, 2012).

- **Residual**

La sustancia orgánica mencionada proviene de los desechos generados por diversas actividades humanas, así como de los residuos biodegradables producidos como consecuencia de dichas acciones:

- Los residuos producidos por las labores agrícolas, forestales y de jardinería.
- Los desechos generados por las actividades de los sectores agrícola y forestal.
- Los desechos sólidos urbanos y las aguas residuales municipales son dos de los principales problemas ambientales que enfrentan las ciudades en la actualidad.
- Entre los desechos generados por la actividad ganadera, se encuentran los residuos provenientes de la misma. (Centro Tecnológico Agrario y Agroalimentario. ITAGRA.CT, 2012)

- **Cultivos energéticos**

Los cultivos agroenergéticos son una forma de materia orgánica producida con el propósito de generar energía en lugar de alimentos. A diferencia de los cultivos agrícolas, los agroenergéticos se clasifican según la cantidad de biomasa producida en lugar de la calidad. Por lo general, estos cultivos suelen tener precios accesibles (Centro Tecnológico Agrario y Agroalimentario. ITAGRA.CT, 2012)

2.2.2.2. SEGÚN SU ESTADO

- **Biomasa Sólida**

La biomasa más común y reconocida es la que se encuentra en mayor abundancia. Incluye madera de diversos tratamientos forestales, residuos industriales, desechos urbanos, restos de poda

de áreas verdes, entre otros. (Centro Tecnológico Agrario y Agroalimentario. ITAGRA.CT, 2012)

- **Biomasa Líquida**

Los desperdicios de la cría de animales, los residuos industriales biodegradables y los aceites y biocombustibles forman parte de esta clasificación (Centro Tecnológico Agrario y Agroalimentario. ITAGRA.CT, 2012)

- **Biomasa gaseosa**

La biomasa de la que hablamos es el gas o biogás producido a partir de desechos agrícolas, basura o restos, gracias a una variedad de proceso que puede ser microbiológico o termoquímico. (Centro Tecnológico Agrario y Agroalimentario. ITAGRA.CT, 2012)

2.2.2.3. SEGÚN SU COMPOSICIÓN

Tabla 1
Tipos de biomasa según su composición

Tipos	Sustancias bioorganicas		ejemplos
Lípido			
Oleaginos			Semilla de sojas, maíz, linos, almendras
Hidrato de carbonos			
Alcoholígenas	monosacárido	Glucosa	Pulpas de fruta
		Fructosa	Pulpas de fruta
	Disacárido	Sacarosa	Cañas de azúcar, sorgo dulces, remolachas
Amiláceas Inulínicas	Polisacárido	Insulina	Tubérculo, rizomas de dalias, achicorias
		Almidón	Grano de cereales, tubérculos
Lignocelulósicas	Polisacáridos	Hemicelulosa	Madera en generales
		Celulosa	Residuo lignocelulósico

Nota. Adaptados de (Centro Tecnológico Agrario y Agroalimentario. ITAGRA.CT, 2012)

2.2.3. BIOFUNCIONALIDAD

La noción de biofuncionalidad surge dentro del ámbito del biomaterial, los cuales han ido evolucionando de acuerdo a las demandas. Inicialmente, se consideraba a los biomateriales como sustancias biológicamente inactivas utilizadas en sistemas vivos para reparar o sustituir funciones, al interactuar de forma constante o intermitente con los fluidos. En nuestros días, los biomateriales se elaboran teniendo en cuenta su futuro uso, a través de un proceso que implica diseño, síntesis y procesamiento. En este momento es cuando surge el concepto de biofuncionalidad, que exige que los biomateriales no solo sean inertes, sino también capaces de cumplir su función de manera efectiva. La biofuncionalidad se refieren a las capacidades de materiales de desempeñar la tarea específica para las que fue creado o elaborado. (Rodil, 2009)

2.2.4. BIOSORCIÓN

Según la investigación de Cuizano, Llanos y Nava (2009), la biosorción son técnicas ampliamente utilizada para la eliminación de una sustancia contaminante en agua residual, en especial aquellas de difícil degradación, como los metales pesados.

La captura de iones metálicos mediante la biosorción, ya sea de forma activa o pasiva, aprovecha las propiedades de la biomasa viva o inerte para formar enlaces y así acumular diversos contaminantes. Según Tejada y Garcés (2015), esta técnica destaca por su bajo costo, eficacia en el tratamiento, reducción del uso de productos químicos y generación de lodos, así como por su capacidad de desorción para regenerar el material adsorbente. A pesar de sus beneficios, la biosorción sigue siendo objetos de investigaciones a nivel de laboratorios y aún no se ha implementado a grandes escalas industrialmente.

De acuerdo con lo indicado por (Sánchez, 2019), se describe la biosorción como el fascinante encuentro entre una superficie sólida de

origen biológico, conocida como biosorbente, y el adsorbato en solución. Esta unión conlleva a las disminuciones de las concentraciones de contaminantes o adsorbatos, ya que este se adhiere al sitio activo del biosorbentes a través de ciertos mecanismos.

2.2.4.1. MECANISMOS DE BIOSORCIÓN

a. Adsorción Física

Se conoce como fisisorciones y suceden cuando los agentes contaminantes (adsorbato) y los materiales absorbentes interactúan exclusivamente mediante las fuerzas de Van der Waals. Al ser débiles la fuerza que los mantienen unidos a las superficies, las energías requeridas es bastante baja. Además adsorbentes es reutilizable después de la desorción, que generalmente se logra calentándolo. También es multicapa, lo que implica que su grosor puede variar desde una sola molécula hasta varias capas. En el estudio realizado por Fernández en 2011.

La adsorción de este tipo es intermitente, ya que el adsorbente se satura y requiere desorción para seguir funcionando. Por lo tanto, se necesita al menos 2 lecho adsorbente para que uno pueda estar en procesos de adsorción mientras el otro se encuentra en desorción. De esta forma, se logra que las operaciones continúen.(Fernández, 2011)

b. Adsorción Química

Esta forma de adsorciones ocurren cuando la molécula adsorbida interactúan químicamente con las superficies de adsorbentes, lo que conlleva a la creación y ruptura de enlaces.

La conexión entre el material adsorbido y el absorbente es sólida, lo que significa que revertir el proceso demanda a mayores cantidades de energías que las adsorciones físicas (Centro Tecnológico Agrario y Agroalimentario. ITAGRA.CT, 2012)

c. Intercambio Iónico

La adsorción de este tipo implica la transferencia de iones de un líquido a sólidos enlazados a otros líquidos. Este método se emplea principalmente en el tratamiento de aguas residuales, especialmente para eliminar la dureza al extraer iones de calcio y magnesio para sustituirlos por sodio. Para lograr una desmineralización total, es necesario eliminar por completo tanto los cationes como los aniones, y luego sustituirlos por iones de H^+ y $[OH]^-$, respectivamente. (Armijo, 2016).

2.2.4.2. MODELOS CINÉTICOS

a. Modelo Cinético de Pseudo Primer Orden

(Figuerola, Moreno, & Hormaza, 2014) Se menciona que la propuesta de Lagergren en 1898 sobre el modelo de pseudo primer orden se presenta de la siguiente manera:

$$\frac{dq_t}{dt} = K_1(q_e - q_t)$$

Donde:

K_1 : velocidad constante de absorción inicial (1/min)

q_e : Añadir tinte al equilibrio.

Al combinar y calcular para un momento t , obtenemos:

$$q_t = q_e(1 - e^{-K_1 t})$$

En este método de filtración, la rapidez con la que ocurre no depende de la cantidad de sustancia presente, por lo tanto, se considera un proceso físico (Sánchez, 2019)

b. Modelo cinético de Pseudo Segundo Orden

(Figuerola, Moreno, & Hormaza, 2014) en 1969, Ho y McKay introdujeron un modelo cinético conocido como de pseudo segundo orden. Este enfoque se aplica principalmente en procesos que

siguen un mecanismo de quimioadsorción:

$$\frac{dq_t}{dt} = K_2(q_e - q_t)^2$$

Donde:

K_2 : velocidades constantes de adsorciones de segundo orden (gramos por miligramo por minuto)

Comenzando desde el tiempo cero con un valor inicial de q en cero, y avanzando hasta el tiempo t con un valor de q en t.

$$q_t = \frac{K_2 q_e^2 t}{1 + K_2 q_e t}$$

(Sánchez, 2019) Además se destaca que este modelo simboliza la captura del contaminante como un procedimiento de naturaleza química.

c. Modelo de Elovich

(Figuerola, Moreno, & Hormaza, 2014) Enfoques cinéticos de Elovich se utiliza principalmente en fenómenos de quimiosorción, partiendo del supuesto de que los puntos activos del material absorbente son diversos, lo que provoca la presencia de variadas energías de activación. Esta fórmula se creó inspirada en los procesos de reacciones de 2do orden y se expresa de la sgte forma:

$$\frac{dq_t}{dt} = \alpha e^{-\beta q_t}$$

Donde:

α : La rapidez con la que se produce la adsorción inicial (mg/g min)

β : Área superficial y energía de activación del compuesto químico adsorbente. (g/mg)

La forma integrada sería:

$$q_t = \frac{1}{\beta} \ln(\beta \alpha t)$$

d. Modelos de Isoterma de Adsorción

La biosorción ocurre cuando las fases líquidas y sólidas muestran afinidad entre sí. La similitud entre ellos hace que el contaminante sean atraído hacia el biosorbente, estableciendo conexiones hasta alcanzar un estado de equilibrio. Los equilibrios mencionados se explican a través de modelos matemáticos conocidos como Isotermas de absorción, los cuales nos ayudan a calcular la cantidad de contaminante que permanece a una temperatura fija una vez que se ha alcanzado el equilibrio. Los modelos matemáticos más adecuados para representar el resultado de sus modelos de Freundlichs, Langmuir y Temkin. (Sánchez, 2019)

e. Modelo de Freundlich

De acuerdo con este patrón, nunca se llega a una saturación del material de absorción, sin embargo, la energía disminuye de forma exponencial a medida que el área de contacto disponible para la sustancia a ser absorbida se reduce. Este diseño fue detallado en el año 1906 y es considerado como:

$$q_e = K_f (C_e)^{\frac{1}{n}}$$

Donde:

q_e : capacidades de biosorciones en equilibrios (mg/g)

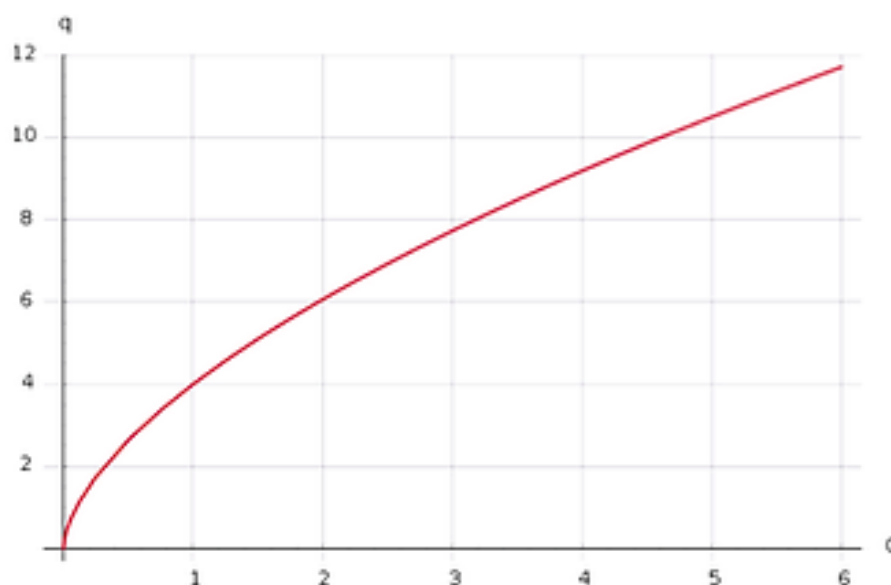
K_f : Constantes de equilibrios reflejan las capacidades relativas de biosorción. (mg/g)

n : constantes de intensidades de procesos de sorción (g/L)
(Sánchez, 2019)

En la Figura 1 se muestra la representación visual de modelos de Freundlich, donde el eje horizontal reflejan las concentraciones del material adsorbido en el equilibrio en miligramos por gramo, mientras que el eje vertical indica la cantidad de material adsorbido por gramo de sustancia adsorbente en miligramos por litro. (García-Rojas, Villanueva-Díaz, Campos-Medina, & Velázquez-Rodríguez, 2012)

Figura 1

Representación del modelo de Langmuir



Nota. Adaptados de Isoterma de Adsorción

a. Modelo de Langmuir

Este diseño mide la acumulación de una gruesa capa de moléculas en la superficie que atrae biológicamente, en función de la cantidad de sustancia absorbida en el líquido que se encuentra en proximidad. En la segunda representación se explica la creación de una doble capa, los ejes tienen la misma indicación que en el gráfico de Freundlich. (García-Rojas, Villanueva-Díaz, Campos-Medina, & Velázquez-Rodríguez, 2012)

Este diseño propone 3 premisas que explican la absorción o acumulación del sorbato. Aquí se encuentran:

I. Creación de una capa única de molécula adsorbida.

Continuamos con la segunda parte.

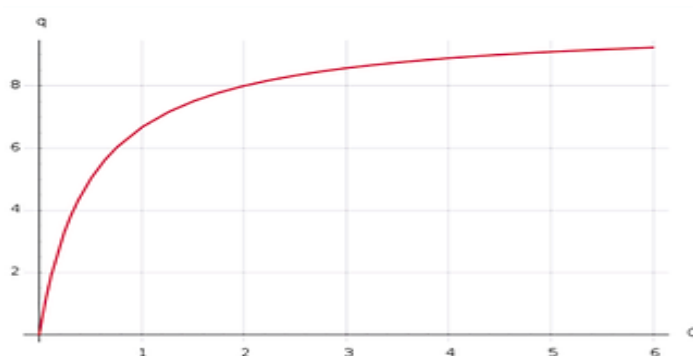
II. La posibilidad de que los sitios activos sean ocupados es la misma para todos.

Tercera parte.

III. No hay comunicación alguna entre la molécula adsorbida.

Cuando se identifica la uniformidad y la planitud de una zona, se afirma que posee la característica de la interfaz, la cual se menciona en los dos primeros postulados. El 3er postulado indica que la variación en las propiedades de la superficie vinculadas a la adsorción es invariable.

Figura 2
Representación del modelo de Langmuir



Nota. Adaptado de Isotermas de Adsorción

2.2.5. BIOSORBENTE.

(Cuizano, Llanos, & Nava, 2009) Se destaca que la mayoría de los elementos biológicos muestran una gran afinidad con los metales, así como con otros contaminantes orgánicos, lo que significa que hay una cantidad prácticamente infinita de material disponible para llevar a cabo la biosorción. Entre los materiales de absorción más populares se encuentran principalmente los elaborados a partir de biomasa microbiana, animal y vegetal, los cuales están siendo objeto de investigación en diversas modalidades como el tratamiento previo físico,

reacciones de óxido-reducción, alteraciones químicas, entre otros. La elección del material para eliminar sustancias, ya sean orgánicas o inorgánicas, es crucial. Se ha mencionado que hay una amplia variedad de sustancias biosorbentes disponibles, por lo que es importante encontrar las más efectivas a la vez que se mantienen costos razonables.

La peculiaridad de los biosorbentes radica en su mínima variación en composición entre las diversas especies pertenecientes a un mismo género u orden. Son precisamente estos componentes los encargados de absorber contaminantes. Adicionalmente, un material de bioadsorción se clasifica como económico si necesita un mínimo de tratamiento, está ampliamente disponible en la naturaleza, o bien es un subproducto o residuo de otra actividad o industria. (Cuizano, Llanos, & Nava, 2009)

2.2.6. AGUAS RESIDUALES

La (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA, 2014) Las aguas residuales, llamadas también aguas servidas, son aquellas aguas alteradas por actividades humanas, lo que requiere que se les aplique un tratamiento apropiado para mejorar su calidad antes de ser reutilizadas, vertidas en ríos u océanos, o descargadas en el sistema de alcantarillado. Existen tres categorías distintas en las que se pueden dividir estas aguas, dependiendo de su composición y propiedades. Existen tres tipos principales de aguas residuales: aguas residuales provenientes de hogares, aguas residuales de áreas urbanas y aguas residuales de la industria. Para lograr aplicar estrategias eficaces de prevención y tratamiento de la contaminación del agua, es fundamental considerar la amplia variedad de fuentes contaminantes que existen.

2.2.6.1. CLASIFICACIÓN DE AGUAS RESIDUALES

a. Aguas residuales domésticas

En la (Norma Técnica OS.090 , 2015) se consideran aguas residuales domésticas a aquellas provenientes de hogares, negocios, oficinas y otros espacios públicos, las cuales incluyen

residuos orgánicos e inorgánicos generados por individuos en su rutina diaria.

Según el informe del OEFA del año 2014, se caracterizan por ser aquellas originadas en viviendas, hogares y comercios, las cuales incluyen los desechos fisiológicos derivados de las actividades humanas.

b. Aguas residuales municipales

La (Norma Técnica OS.090 , 2015) Es relevante resaltar que en la literatura especializada se mencionan las aguas residuales urbanas como aquellas aguas residuales domésticas que provienen de viviendas y otros lugares. Bajo esta definición minuciosa y precisa, se puede contemplar la adecuada y efectiva mezcla de aguas residuales provenientes de hogares con aguas de lluvia o aguas residuales de industrias, siempre y cuando estas últimas cumplan con los estrictos y rigurosos requisitos para ser incorporadas en sistemas de alcantarillado combinado.

De acuerdo con el informe del (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA, 2014), se define a las aguas residuales municipales como aquellas aguas provenientes de las labores diarias como lavar platos, ducharse y tirar de la cadena, que se combinan con las aguas pluviales que llegan por la lluvia. Además, es posible añadir aguas residuales industriales que han sido tratadas previamente, las cuales provienen de actividades de producción y necesitan un tratamiento específico antes de ser liberadas al entorno.

c. Aguas residuales industriales

Se originan en la actividad productiva, como la minería, la agricultura, la industria agroalimentaria, la textil y otros sectores. (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA, 2014)

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

- **Isoterma de adsorción:** o sorción, es una representación que muestra cómo se distribuyen las moléculas adsorbidas entre las fases líquida y sólida al alcanzar el equilibrio a una temperatura constante. Las curvas que corresponden a este fenómeno detallan cómo varía la cantidad de material retenido en la superficie, en función de su concentración en estado gaseoso o disuelto.
- **Cinética de adsorción:** La dinámica de adsorción consiste en analizar cómo se desarrollan las fases del proceso de adsorción y determinar cuál de ellas tiene el control sobre el fenómeno. La adsorción es un proceso fascinante en el que una sustancia líquida o gaseosa se une a la superficie de un material sólido, gracias a una fuerza física que los atrae. La rapidez de adsorción se refiere a la cantidad de sustancia adsorbida que puede ser retenida en el material adsorbente en relación a su masa o volumen.
- **biomasas inertes:** Los biomateriales inertes de origen biológico, provenientes de microorganismos, algas, vegetación, desechos orgánicos, subproductos de la industria agrícola o biopolímeros naturales, son conocidos como materiales inertes de biomasa. Estos elementos sin vida se distinguen por su incapacidad de interactuar químicamente con otros elementos o compuestos, lo cual los convierte en opciones perfectas para una variedad de usos en el ámbito industrial y en la investigación científica. En la eliminación de arsénico, las tecnologías son más efectivas que las biomasas vivas en aguas con altas concentraciones de este elemento. Adicionalmente, son accesibles con facilidad y tienen un precio más bajo.
- **Biomasas Vivas:** La biomasa viva, llamada también masa biológica, está formada por la totalidad de los organismos que conviven en una región geográfica concreta o en un hábitat ecológico específico. Se le sugiere contemplar la idea de incorporar una diversidad de microorganismos, plantas y animales en su estudio. La biomasa puede aludir tanto a la cantidad de materia orgánica de una especie específica, que corresponde al total de una o más especies dentro de un ecosistema, como a la biomasa

general, que engloba la totalidad de los organismos presentes en una comunidad biológica.

- **Efluentes:** Un efluente se refiere a un desecho en forma de gas, líquido, sólido o combinación de estos que se desplaza hacia un cuerpo receptor. Durante las actividades humanas que requieren agua, se generan desechos que alteran las propiedades naturales del agua mediante transformaciones físicas, químicas y biológicas.
- **Paja de trigo:** El rastrojo de trigo es la parte seca del tallo que permanece una vez que se han recolectado los granos de trigo. Se trata de un desecho agroindustrial que se genera al procesar los remanentes de la labor agrícola al separar el grano de trigo.
- **Cáscara de maíz:** El envoltorio de maíz es la capa que recubre el exterior de una espiga de maíz. Las hojas verdes que envuelven las mazorcas de maíz y resguardan los granos, que son la parte sabrosa de la planta, son conocidas como cáscaras de maíz.
- **Biomateriales:** Existen biomateriales que pueden ser creados artificialmente o provenir de fuentes biológicas. Es posible categorizar los implantes según el material artificial empleado en su creación, agrupándolos en clases como cerámica, metal, polímero o compuesto.
- **Biofuncionalización:** La biofuncionalización implica incrementar la presencia de nutrientes esenciales que pueden ser absorbidos por el cuerpo en las partes comestibles de las plantas que se pueden cultivar. Se puede lograr a través de la fertilización o la modificación genética.
- **Índice de calidad del agua:** ICA es un número que oscila entre 0 y 1 y refleja la pureza y salud de un cuerpo de agua, independientemente de su uso. El Índice de Calidad del Aire se determina a partir de la observación de cinco o seis factores medidos en una estación de control ambiental.
- **Adsorción en la fase líquida:** Se trata de un procedimiento físico en el que una sustancia en estado líquido o gaseoso entra en contacto con un

material sólido adsorbente y se une a su superficie a causa de fuerzas físicas. Esta técnica no implica el intercambio de electrones, lo que la hace reversible.

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

Hi: existen diferencias significativas en la efectividad de la biosorción de contaminantes entre la biomasa de paja de trigo y la cáscara de maíz en las aguas residuales de lavaderos de vehículos, sugiriendo que ambos materiales presentan una capacidad similar para la remoción de contaminantes.

Ho: No existen diferencias significativas en la efectividad de la biosorción de contaminantes entre la biomasa de paja de trigo y la cáscara de maíz en las aguas residuales de lavaderos de vehículos, sugiriendo que ambos materiales presentan una capacidad similar para la remoción de contaminantes.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE

Aguas residuales de lavaderos de vehículos.

2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

Biomasa de residuos agrícolas biofuncionalizada paja de trigo y la cáscara de maíz.

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variables	Indicadores	Valor Final	Tipo de Variable
Variable dependiente: aguas residuales de lavaderos de vehículos.	Parámetros físicos	▪ Temperatura ▪ Conductividad ▪ turbidez	Nominal
	Parámetros químicos	▪ Hidrocarburos totales presentes ▪ Metales pesados ▪ Detergentes ▪ DBO ▪ DQO ▪ DO ▪ TDS ▪ Salinidad ▪ Alcalinidad	
	Parámetros orgánicos	▪ Fosfatos ▪ Nitratos ▪ Nitritos	
Variable Independiente: biomasa de residuos agrícolas biofuncionalizada paja de trigo y la cáscara de maíz.	Capacidad de Absorción de la Paja de trigo	▪ kg.	Nominal
	Capacidad de Absorción de la Cáscara de maíz	▪ kg.	

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Según lo expresado por el investigador, se incluye en un conjunto de acciones, ya que se realizará una intervención o evaluación de los resultados. Según la cantidad de variables analizadas, se considera como un tipo de variable analítica que abarca múltiples variables. Se realizaron múltiples evaluaciones de esas variables a lo largo del tiempo. Adicionalmente, el análisis es visto como prospectivo ya que requiere llevar a cabo mediciones en varias ocasiones para seguir de cerca la variable principal (Supo y Zacarías, 2020).

3.1.1. ENFOQUE

En esta investigación se emplea un enfoque numérico, ya que se centra en un dilema concreto y preciso, aplicando técnicas estadísticas para examinar la información recolectada (Supo y Zacarías, 2020)

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

La ubicación del estudio se sitúa en el nivel de aplicación. De acuerdo con lo expresado por Zacarías en 2020, el nivel aplicativo se distingue por incorporar una dimensión de evaluación y se relaciona con un enfoque de intervención. Busca principalmente causar una influencia beneficiosa en la vida de las personas que son el foco de su investigación. Este procedimiento se realiza a través de una cuidadosa planificación que abarca un minucioso análisis de los resultados previstos con el fin de valorar su eficacia.

3.1.3. DISEÑO

La concepción experimental es una estructura meticulosa donde se modifican con intencionalidad una o más variables autónomas, conocidas como causas, con el propósito de explorar y medir cómo estas

alteraciones impactan a otras variables dependientes, conocidas como efectos (Hernández et al., 2014). Así pues, el enfoque del estudio es de naturaleza experimental, ya que abarca la modificación de variables autónomas en relación con variables dependientes y la evaluación de las consecuencias de tales modificaciones.

GE1:O1.....X1.....O2

GE1: Grupo de estudio

O1: Análisis inicial

O2: Análisis final

X1: Intervención biomasa biofuncionalizada

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

Según Lerma (2009) Hace alusión a la totalidad de elementos que forman parte de una categoría en concreto, los cuales comparten una característica común o se ajustan a una definición específica. Se estimó la cantidad de habitantes basándose en la cantidad de aguas residuales producidas por los negocios de lavado de autos.

3.2.2. MUESTRA

Se emplearon 2 filtros diferentes junto con repeticiones, sumando un total de 8 pruebas. El agua contaminada se obtuvo de los desagües de los lavaderos de autos, cada prueba de 100 litros. Con la repetición de cada intento

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

El material base para la elaboración del filtro consistirá en biomasa biofuncionalizada, extraída de la paja de trigo y la cáscara de maíz. Los datos experimentales serán recolectados en un laboratorio debidamente certificado para tales fines.

3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Se crearon recipientes redondos de PVC para la disposición experimental. Estos recipientes fueron repletos de biomasa residual biofuncionalizada obtenida a partir de paja de trigo y cáscara de maíz. La biomasa, obtenida a través de un proceso de biofuncionalización, consistió en una combinación de paja de trigo y cáscara de maíz. Con el fin de asegurar que el flujo se distribuya de manera homogénea en el interior de las columnas, se colocarán placas perforadas en la parte superior de cada una, las cuales contarán con orificios distribuidos de forma regular. Un barril de almacenamiento con una capacidad de 100 litros actuará como suministro para abastecer a las columnas, liberando aguas residuales a una velocidad controlada de 0,0035 litros por segundo. Se utilizará una constante agitación para asegurar que todos los sólidos permanezcan en suspensión en las aguas residuales. Se utilizó la técnica de empaquetado en condiciones húmedas para rellenar el material poroso, reduciendo la formación de capas y la retención de aire en el empaque. Verticalmente se erigieron cada una de las columnas, con lana dispuesta en la parte inferior para brindar sustento al lecho adsorbente. Previo a la incorporación de las aguas residuales, se procedió a limpiar las columnas con agua desmineralizada, dando paso al inicio de la fase experimental. De manera metódica, se recolectaron las muestras filtradas a intervalos uniformes a lo largo de todo el tiempo que duraron los experimentos. Se realizaron todos los experimentos en condiciones ambientales controladas, con una temperatura ambiente que se mantuvo entre 20 y 25 °C. Se llevaron a cabo cuatro repeticiones de cada experimento para garantizar la fiabilidad y solidez de los resultados.

Proceso de biofuncionalización de los restos orgánicos (Mkilima et al., 2024)

- En esta investigación, se recopilará paja de trigo y cáscara de maíz de orígenes cercanos.

Figura 3
Cáscara de maíz, Paja de trigo



- Se procederá a limpiar minuciosamente los residuos, garantizando la eliminación de cualquier impureza o agente contaminante. Tras la limpieza, los materiales fueron secados hasta alcanzar el nivel de humedad óptimo.

3.3.2. PREPARACIÓN MEDIANTE LAVADO Y SECADO CONVENCIONAL

Annadurai y col., (2002) Se da a conocer un enfoque que implica el procesamiento de paja de trigo y cáscara de maíz a través de un procedimiento de lavado y secado. En esta metodología, se lleva a cabo la limpieza de las muestras utilizando agua desionizada para eliminar la suciedad que se ha acumulado, y luego se realiza un proceso de trituración. La etapa de desecado se realiza a una temperatura de 100-120°C durante un lapso de 24 horas en un horno tradicional. Después de secarlas, las partículas se pasan por un tamiz para lograr un tamaño de partícula de 5 mm. La preparación mencionada es la que se utiliza con mayor frecuencia en los informes sobre cómo eliminar compuestos orgánicos utilizando diferentes biomásas como absorbentes.

Figura 4
Proceso de secado y tritución



- Después, se trituran hasta obtener un tamaño de partícula uniforme adecuado para su uso en experimentos. La finalidad de la molienda es incrementar la extensión de los absorbentes, promoviendo una interacción más efectiva entre los elementos y los contaminantes deseados en las pruebas de biosorción.
- Se ajustará el tamaño de las partículas para asegurar una absorción efectiva sin que se produzca una compresión excesiva o bloqueo en la disposición experimental.
- El nivel de humedad apropiado para estos materiales se encuentra en un rango del 10% al 15%, asegurando así un manejo, almacenamiento y procesamiento óptimos. Adicionalmente, se ajustaron las dimensiones de las partículas con el fin de potenciar la extensión de la superficie y favorecer conexiones eficaces con las sustancias deseadas.

- Un tamaño de partícula de alrededor de 3 a 5 mm se verá como apropiado, ya que favorecerá la realización eficaz de los procesos de adsorción y extracción. Manteniendo un equilibrio entre una extensión mayor y una compresión reducida.

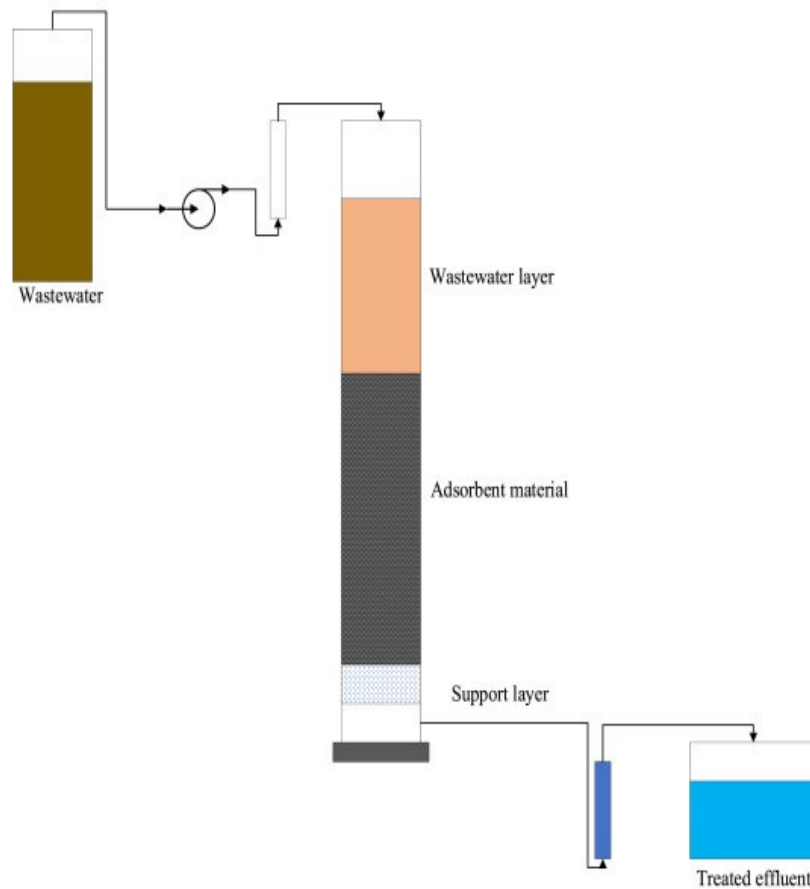
3.3.3. PREPARACIÓN DEL CARBÓN ACTIVADO MEDIANTE CARBONIZACIÓN HIDROTHERMAL EN PRESENCIA DE H_3PO_4 . (CHAPARRO-GARNICA ET AL., 2020).

- Se empleará la técnica de biofuncionalización en el laboratorio para alterar las características en la superficie de la paja de trigo y la cáscara de maíz.
- Se llevará a cabo un proceso químico mediante el uso de una solución de ácido fosfórico (H_3PO_4) (Smith et al., 2014) con una concentración de 1 M. Los materiales se sumergirán en esta solución ácida a una temperatura de 50 °C por un período de 6 horas con el fin de eliminar los elementos de hemicelulosa y lignina, lo cual permitirá aumentar la disponibilidad de los sitios de adsorción activos en la superficie (Abolore et al., 2024). Se utilizará esta técnica de biofuncionalización con el fin de mejorar las características de absorción de los residuos agrícolas.
- La paja de trigo y la cáscara de maíz, al tener mucha celulosa y lignina, se procesan químicamente con ácido fosfórico para eliminar la hemicelulosa y la lignina, según Iakovlev et al. (2016). El propósito de este procedimiento es potenciar la disponibilidad de los lugares de adsorción activos en la superficie de la paja de trigo y la cáscara de maíz, incrementando de esta manera su capacidad para adsorber sustancias específicas.
- El carbón activado se fabrica a partir de desechos agrícolas, como cáscaras de coco o huesos de aceituna, mediante un elaborado proceso de carbonización que incluye el empleo de ácido fosfórico. Esta técnica de extracción asegura que el producto final tenga una gran porosidad y capacidad de absorción. En una primera fase, se

inicia el proceso de elaboración de una mezcla acuosa de ácido fosfórico con una concentración del 25% en peso, empleando agua purificada.

- Posteriormente, se incorpora meticulosamente 1 gramo del material de partida con 4 gramos de la solución en un autoclave de teflón, recubierto con una capa resistente de acero inoxidable y con capacidad de 50 ml, alcanzando una proporción de impregnación de H_3PO_4 sobre el material de 1.0 p/p. Luego, el autoclave se cierra de forma hermética y se introduce en un horno precalentado a 200°C, donde se mantiene durante 24 horas para efectuar el tratamiento pertinente (Chaparro-Garnica et al., 2020).
- Una vez finalizada la pirólisis, se extrae el material carbonizado del autoclave y se procede a someterlo a un proceso de activación en un horno diseñado específicamente para tal fin. En esta técnica se requiere elevar la temperatura del material de manera progresiva hasta llegar a los 450 grados Celsius, aumentando la temperatura en 5 grados Celsius por minuto y suministrando constantemente 50 mililitros por minuto de gas nitrógeno, manteniendo estas condiciones durante un lapso de 2 horas. Después de activarse, el carbón activado se lava repetidamente con agua destilada a una temperatura constante de 65 grados Celsius para garantizar que se elimine por completo el agente activador utilizado. Por último, el material es expuesto a un minucioso procedimiento de desecado a una temperatura de 110 grados Celsius por un largo lapso de 12 horas, asegurando de esta manera que se elimine por completo la humedad.
- Es fundamental destacar que la paja de trigo y la cáscara de maíz pueden ser sometidas a diversas técnicas de biofuncionalización según sus propias composiciones y estructuras distintivas. Las propiedades singulares de cada residuo agrícola afectan su habilidad para absorber sustancias y determinan su adecuación para diferentes usos.

Figura 5
Modulo del dispositivo experimental



Nota. extraído de Mkilima et al. (2024). Estudio sobre cómo la paja de trigo y la cáscara de pistacho pueden usarse para limpiar contaminantes de aguas sucias.

3.3.4. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS

- En el transcurso de la evaluación de los resultados, se llevará a cabo la comprobación de la fiabilidad de los instrumentos utilizados en la investigación. Se llevará a cabo una evaluación de calidad de cada uno de ellos para garantizar la coherencia y fiabilidad de los resultados logrados.
- Durante la codificación de los datos, los resultados se convertirán en códigos numéricos.
- Después de revisar y organizar los datos, se procesarán manualmente. Se deberá hacer una tabla en forma de cuadrícula que luego se transformará en una base de datos en Excel 2023. Finalmente, los datos serán procesados con la herramienta

estadística IBM SSPS Versión 26.0, diseñada para el sistema operativo Windows.

- La estrategia para organizar los datos implicará la creación de tablas estadísticas que muestren los resultados obtenidos.
- Los resultados serán presentados de manera ordenada en tablas y gráficos, con el fin de realizar un análisis profundo e interpretar cada elemento a partir del marco teórico y las variables abordadas en el estudio.

3.3.5. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

- Se emplearán los programas SPSS y Excel para llevar a cabo el proceso y la evaluación de los datos. Se llevará a cabo la evaluación utilizando medidas resumidas que abarcan las medidas de dispersión. Además, se emplearán fichas técnicas para la evaluación en curso y una libreta de campo.

CAPITULO IV

RESULTADOS

Tabla 2

Mediciones físicas previas y posteriores a la aplicación de la biomasa de paja de trigo biofuncionalizada en la purificación de aguas residuales de lavaderos de autos

Parámetros físicos	Pre	Post intervención		
	Media	Media	Varianza	Desviación estándar
Oxígeno disuelto	,90	3,00	,09	,30
pH	8,31	6,26	,04	,19
Conductividad	9,48	7,78	,04	,19
Resistencia	,105	,124	,000	,012

En la primera tabla se describen las características físicas al usar paja de trigo para limpiar sustancias contaminantes en aguas residuales. Se observa que el pH disminuye a 6,26 y la conductividad baja a 7,78 mS/cm, valores que se encuentran dentro de los límites aceptables según las normas del ECA AGUA DS 004-2017. Después de tratar el agua sucia con paja de trigo, se notó una gran mejora en su calidad física, lo que permitió cumplir con las reglas del ECA AGUA DS 004-2017. Se propone que la paja de trigo tratada presenta un considerable potencial para depurar aguas contaminadas en zonas de lavado de vehículos, colaborando en la eliminación de sustancias nocivas y en la mejora de la calidad del agua. Este hallazgo respalda la idea de que los residuos agrícolas, como la paja de trigo, pueden ser aprovechados de forma eficiente para el tratamiento de aguas residuales, constituyendo una solución ecológica y rentable para la recuperación del entorno natural.

Tabla 3

Características físicas antes y después de emplear la biomasa de residuos agrícolas biofuncionalizada proveniente de la cáscara de maíz para tratar los contaminantes presentes en las aguas residuales de los lavaderos de automóviles

Parámetros físicos	Antes de la intervención	Después de la intervención		
	Media	Media	Varianza	Desviación estándar
Oxígeno disuelto	,90	2,68	1,41	1,19
pH	8,31	6,14	2,19	1,48
Conductividad	9,48	10,25	1,43	1,20
Resistencia	,105	,098	,000	,010

En la tabla 3 se describen las características físicas al usar la cáscara de maíz para limpiar sustancias contaminantes en aguas residuales. Se observa que el pH se redujo a 6,14 y la resistencia alcanzó 0,098 k·cm, valores que se ajustan a los límites establecidos por la normativa ECA AGUA DS 004-2017. Al utilizar cáscaras de maíz tratadas para el tratamiento de aguas residuales, se logró elevar el contenido de oxígeno disuelto a 2,68 mg/L, mientras que el pH descendió a 6,14, lo cual señala una neutralización del agua, favoreciendo el cumplimiento de los estándares de calidad. Sin embargo, se detectó un aumento en la conductividad, alcanzando 10,25 mS/cm, lo que podría indicar un incremento en los iones disueltos después del tratamiento, sugiriendo que las cáscaras de maíz liberaron algunas sustancias al agua. La resistencia experimentó una ligera caída, situándose en 0,098 $\Omega \cdot m$, lo cual guarda relación con el aumento de la conductividad. Estos resultados indican que, aunque las cáscaras de maíz presentan ciertas ventajas, su efectividad para reducir la conductividad no es tan pronunciada como la de la paja de trigo.

Tabla 4

Valores químicos previos y posteriores a la aplicación de la biomasa de paja de trigo biofuncionalizada en la limpieza de sustancias contaminantes presentes en el agua residual de los lavaderos de automóviles

Parámetros químicos	Antes de la intervención	Después de la intervención		
	Media	Mediana	Varianza	Desviación estándar
Sólidos disueltos totales	4740	3893	9425	97
Salinidad	,90	0,00	0,00	0,00
Aceites y grasas	44	15	7	3
DBO	31	8	7	3
DQO	64,16	23,71	243,66	15,61

En la tabla 4 se muestran los resultados de un estudio químico realizado para tratar contaminantes en aguas residuales usando paja de trigo. Se registró una notable reducción en los niveles de aceites y grasas, alcanzando 15 mg/L, en tanto que la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) se situó en 8 mg/L y la Demanda Química de Oxígeno (DQO) en 23,71 mg/L. El valor de la DBO se mantiene dentro de los parámetros establecidos por la normativa ECA AGUA DS 004-2017. El tratamiento con paja de trigo propició una disminución significativa de los sólidos disueltos totales, que pasaron de 4740 mg/L a 3893 mg/L, y eliminó por completo la salinidad (0,00%), lo cual refleja una considerable mejora en la calidad del agua. Además, se observó una drástica reducción tanto en los aceites y grasas, que descendieron de 44 mg/L a 15 mg/L, como en la DBO, que bajó de 31 mg/L a 8 mg/L, lo que sugiere una disminución en la carga de materia orgánica y contaminantes presentes en el agua. También se observó que la cantidad de contaminantes disminuyó mucho, pasando de 64,16 mg/L a 23,71 mg/L, lo que confirma que la paja de trigo es efectiva para descomponer sustancias orgánicas. Estos hallazgos muestran que la paja de trigo es muy útil para mejorar la calidad del agua tratada.

Tabla 5

Analizar los valores químicos previos y posteriores a la aplicación de la biomasa de cáscara de maíz biofuncionalizada en la limpieza de contaminantes presentes en el agua residual de lavaderos de automóviles

Parámetros químicos	Antes de la intervención	Después de la intervención		
	Media	Media	Varianza	Desviación estándar
Sólidos disueltos totales	4740	5125	356833	597
Salinidad	,90	1,40	,75	,87
Aceites y grasas	44	15	24	5
DBO	31	10	19	4
DQO	64,16	14,32	8,64	2,94

En la tabla 5 se detallan los resultados químicos obtenidos al utilizar cáscaras de maíz para el tratamiento de aguas residuales. Se observó una disminución significativa en los niveles de aceites y grasas, que descendieron a 15 mg/L, así como una reducción en la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), que se situó en 10 mg/L. La Demanda Química de Oxígeno (DQO) se registró en 14,32 mg/L, valores que mantienen la DBO dentro de los límites establecidos por la normativa ECAAGUA DS 004-2017. Sin embargo, aunque las cáscaras de maíz lograron reducir considerablemente los contaminantes orgánicos, se produjo un aumento en los sólidos disueltos totales y la salinidad. Los sólidos disueltos incrementaron de 4740 mg/L a 5125 mg/L, mientras que la salinidad pasó del 0,90 % al 1,40 %. Estos cambios sugieren que las cáscaras de maíz podrían haber liberado sustancias adicionales al agua, lo que generó un impacto negativo en estos parámetros. A pesar de esto, la disminución de los aceites y grasas de 44 mg/L a 15 mg/L resalta la eficiencia de las cáscaras de maíz en la eliminación de contaminantes orgánicos. Es decir, aunque la cáscara de maíz puede ayudar a reducir ciertos tipos de contaminación, también puede provocar la presencia de otros elementos no deseados en el agua que se está purificando

Tabla 6

Indicadores biológicos antes y después de aplicar la biomasa de residuos agrícolas biofuncionalizados de la paja de trigo para tratar los contaminantes presentes en las aguas residuales de los lavaderos de automóviles

Parámetros orgánicos	Antes de la intervención	Después de la intervención		
	Media	Media	Varianza	Desviación estándar
Fosfatos	2,190	,073	,000	,015
Nitrato	5,21	1,37	,42	,65
Nitritos	,87	,14	,00	,05

En la tabla 6 se exponen los compuestos naturales empleados en el proceso de depuración de aguas residuales mediante paja de trigo, logrando una considerable reducción en los niveles de fosfatos, nitratos y nitritos. Los fosfatos descendieron a 0,073 mg/L, los nitratos a 5,21 mg/L, y los nitritos a 0,14 mg/L. El valor de nitrato se mantiene dentro de los umbrales permitidos por la normativa ECA AGUA DS 004-2017. El tratamiento con paja de trigo propició una disminución destacada de los contaminantes orgánicos: los fosfatos redujeron de 2,190 mg/L a 0,073 mg/L, los nitratos de 5,21 mg/L a 1,37 mg/L y los nitritos de 0,87 mg/L a 0,14 mg/L. Estos resultados demuestran la efectividad de la paja de trigo para eliminar compuestos orgánicos que contribuyen a la contaminación del agua, como el fenómeno de eutrofización. Además, la disminución en la dispersión y variabilidad de los datos post-tratamiento resalta la constancia y eficiencia del proceso, favoreciendo la mejora en la calidad del agua y asegurando que se mantenga dentro de límites más seguros para el entorno ambiental.

Tabla 7

Indicadores biológicos antes y después de aplicar la biomasa de residuos agrícolas biofuncionalizados provenientes de la cáscara de maíz para tratar los contaminantes presentes en las aguas residuales de los lavaderos de automóviles

Parámetros orgánicos	Antes de la intervención	Después de la intervención		
	Media	Media	Varianza	Desviación estándar
Fosfatos	2,190	,056	,000	,014
Nitrato	5,21	,69	,16	,40
Nitritos	,87	,20	,01	,10

En la tabla 7 se muestran los resultados al usar cáscara de maíz para tratar contaminantes en aguas residuales. Se logró disminuir los niveles de fosfatos a 0,056 mg/L, nitratos a 0,69 mg/L y nitritos a 0,20 mg/L. Es importante mencionar que los niveles de fosfato y nitrato cumplen con los límites permitidos según el reglamento ECA AGUA DS 004-2017. Usar cáscaras de maíz para limpiar aguas sucias redujo mucho los elementos orgánicos que se estudiaron. Los niveles de fosfatos, nitratos y nitritos en el agua bajaron mucho. Por ejemplo, los fosfatos pasaron de 2,190 mg/L a 0,056 mg/L, los nitratos de 5,21 mg/L a 0,69 mg/L, y los nitritos de 0,87 mg/L a 0,20 mg/L. Estos descensos muestran que la cáscara de maíz es muy buena para eliminar sustancias que causan contaminación en las aguas residuales. Además, la poca diferencia y dispersión después de la intervención indican que el tratamiento funcionó de forma consistente, logrando una mejora importante en la calidad del agua tratada.

Tabla 8

Antes y después de emplear la biomasa de residuos agrícolas biofuncionalizada proveniente de la paja de trigo en el proceso de tratar los contaminantes presentes en las aguas residuales de los lavaderos de vehículos, se observaron cambios en los parámetro

Parámetros	Antes		Después	
	Media	Media	Desviación estándar	Varianza
Hidrocarburos	38,31	12,56	1,34	1,79
Detergentes	4,10	1,50	,85	,72

En la tabla 8 los valores de sustancias químicas y productos de limpieza, los cuales disminuyeron notablemente después de utilizar biomasa de paja de trigo. Por ejemplo, los hidrocarburos pasaron de 38,31 mg/l a 12,56 mg/l. La cantidad de hidrocarburos disminuyó de 4,10 mg/l a 1,5 mg/L después de usar biomasa de paja de trigo tratando aguas residuales de lavaderos de vehículos. Estos resultados muestran que usar paja de trigo tratada puede ayudar a reducir sustancias dañinas en aguas sucias de fábricas, siendo una buena alternativa para mejorar el agua en ciudades. Es muy importante disminuir la cantidad de sustancias como el petróleo y los productos de limpieza para proteger los ecosistemas acuáticos y evitar problemas de salud en las personas y en el medio ambiente.

Tabla 9

Metales antes y después de emplear la biomasa de residuos agrícolas biofuncionalizada de la paja de trigo para tratar contaminantes en las aguas residuales de lavaderos de automóviles

Parámetros	Antes		Después	
	Media	Media	Desviación estándar	Varianza
Aluminio	,80	,55	,07	,00
Antimonio	,01	,00	,00	,00
Arsénico	,01	,00	,00	,00
Bario	,40	,11	,13	,02
Berilio	,01	,01	,01	,00
Boro	,20	,09	,00	,00
Cadmio	,003	,001	,000	,000
Cerio	,00	,00	,00	,00
Plomo	,00	,00	,00	,00
Cobre	,00	,00	,00	,00
Mercurio	,001	,001	,000	,000
Molibdeno	,04	,03	,01	,00
Magnesio	,02	,01	,00	,00
Litio	,00	,00	,00	,00
Cobalto	,00	,00	,00	,00
Cromo	,05	,02	,01	,00
Calcio	2,00	,00	,00	,00

En la tabla 9 se puede ver cómo los metales disminuyen cuando se utiliza paja de trigo para eliminar contaminantes. Se ha notado que varios metales como aluminio, antimonio, arsénico, bario, berilio, boro, cadmio, mercurio, molibdeno, cromo y calcio han disminuido significativamente. Muestra los datos de los metales hallados en el agua sucia de lavaderos de autos antes y después de ser tratada con paja de trigo especial. Se ha observado que la cantidad de algunos metales ha bajado mucho en el agua. Por ejemplo, el aluminio pasó de 0,80 mg/L a 0,55 mg/L, el antimonio de 0,01 mg/L a 0,00 mg/L, el arsénico de 0,01 mg/L a 0,00 mg/L, y el bario de 0,40 mg/L a 0,11 mg/L, entre otros. Esta reducción demuestra lo efectivo que es utilizar partes de plantas para eliminar sustancias dañinas, logrando niveles muy bajos o indetectables en algunos casos, como el plomo, el cobre y el cadmio. Estos resultados indican que usar paja de trigo puede ser una buena forma de limpiar metales en aguas contaminadas de fábricas de manera efectiva y respetuosa con el medio ambiente.

Tabla 10

Antes y después de aplicar la biomasa de residuos agrícolas biofuncionalizada proveniente de la cáscara de maíz en el proceso de tratar los contaminantes presentes en las aguas residuales de los lavaderos de vehículos, se analizaron los parámetros correspondientes

Parámetros	Antes		Después	
	Media	Media	Desviación estándar	Varianza
Hidrocarburos	38,31	12,85	0,92	0,85
Detergentes	4,10	2,0	,85	,72

En la tabla 10 se presentan los parámetros correspondientes a los hidrocarburos y detergentes, observándose una considerable disminución después del tratamiento con biomasa derivada de la cáscara de maíz. Los hidrocarburos pasaron de 38,31 mg/L a 12,85 mg/L, mientras que los detergentes redujeron su concentración de 4,10 mg/L a 2,0 mg/L. Estos resultados evidencian la eficacia de la biomasa de cáscara de maíz como agente biofuncionalizado para la descontaminación de aguas residuales de lavaderos de vehículos. El empleo de este material destaca por su capacidad para actuar como un biosorbente eficiente, promoviendo la mejora de la calidad del agua tratada y demostrando su potencial para eliminar sustancias contaminantes de manera efectiva.

Tabla 11

Metales antes y después de emplear la biomasa de residuos agrícolas biofuncionalizados provenientes de la cáscara de maíz para tratar contaminantes en las aguas residuales de los lavaderos de automóviles

Parámetros	Antes		Después	
	Media	Media	Desviación estándar	Varianza
Aluminio	,80	0,30	0,14	0,02
Antimonio	,01	0,00	0,00	0,00
Arsénico	,01	0,00	0,00	0,00
Bario	,40	0,00	0,00	0,00
Berilio	,01	0,01	0,01	0,00
Boro	,20	0,08	0,01	0,00
Cadmio	,003	0,001	0,000	0,000
Cerio	,00	0,00	0,00	0,00
Plomo	,00	0,00	0,00	0,00
Cobre	,00	0,00	0,00	0,00
Mercurio	,001	0,000	0,000	0,000
Molibdeno	,04	0,02	0,00	0,00
Magnesio	,02	0,01	0,00	0,00
Litio	,00	0,00	0,00	0,00
Cobalto	,00	0,00	0,00	0,00
Cromo	,05	0,01	0,01	0,00
Calcio	2,00	0,00	0,00	0,00

En la tabla 11 se muestra cómo los metales disminuyen después de usar cáscaras de maíz para tratar contaminantes. Se observa una reducción importante en varios metales como aluminio, antimonio, arsénico, bario, boro, cadmio, mercurio, molibdeno, magnesio, cromo y calcio. Se estudiaron los efectos de tratar las aguas sucias de lavaderos de autos con cáscaras de maíz modificadas biológicamente. Se ha notado que la cantidad de todos los metales estudiados ha disminuido mucho. El nivel de aluminio bajó de 0,80 mg/L a 0,30 mg/L. El antimonio, arsénico y bario desaparecieron por completo, y el cromo se redujo de 0,05 mg/L a 0,01 mg/L. Además, otros metales como molibdeno, boro, cadmio, mercurio, magnesio y calcio también se redujeron significativamente. Estos resultados demuestran que la cáscara de maíz es efectiva para eliminar metales de las aguas residuales.

Tabla 12

La eficacia de utilizar biomasa de residuos agrícolas tratada con funciones biológicas, proveniente de la paja de trigo y la cáscara de maíz, en la eliminación de contaminantes presentes en las aguas residuales de los lavaderos de vehículos en Huánuco en el año 2024

	Comparación de medias			
	t	Gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias
Oxígeno disuelto	7,851	8	,000	2,62333
pH	16,703	8	,000	6,43222
Conductividad	18,783	8	,000	9,06556
Resistencia	20,577	8	,000	,110444
Sólidos disueltos totales	18,809	8	,000	4534,444
Salinidad	2,458	8	,039	,72222
Aceites y grasas	5,275	8	,001	18,111
DBO	4,246	8	,003	11,410
DQO	3,891	8	,005	24,02778
Fosfatos	1,272	8	,239	,300556
Nitrato	2,977	8	,018	1,49556
Nitritos	3,055	8	,016	,24967

En la tabla 12 se expone la variación en los promedios de los parámetros físicos, químicos y orgánicos, observándose diferencias notables tras la aplicación de biomasa de residuos agrícolas biofuncionalizada, proveniente de paja de trigo y cáscara de maíz, con un p-valor inferior a 0,05. La excepción se encuentra en el caso de los fosfatos. Los resultados revelan que, al comparar la efectividad de la paja de trigo con la cáscara de maíz en la depuración de aguas residuales, se presentan diferencias significativas en el rendimiento de ambos materiales para la eliminación de contaminantes. Los análisis realizados demuestran que la utilización de paja de trigo logró mejoras significativas en una variedad de factores, como la concentración de oxígeno, el pH, la conductividad, la resistencia eléctrica, los sólidos disueltos totales, así como una notable disminución de aceites y grasas, además de reducir tanto la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) como la Demanda Química de Oxígeno (DQO). Todos estos parámetros mostraron valores de

significancia bilateral inferiores a 0,05, lo que señala una eficacia notable en el tratamiento realizado. Por otro lado, la cáscara de maíz también presentó mejoras, aunque menos pronunciadas, en parámetros como salinidad, nitratos y nitritos, con niveles de significancia de 0,039, 0,018 y 0,016, respectivamente. En comparación, la paja de trigo destacó en la mayoría de los indicadores, siendo más eficiente en la reducción de contaminantes. En cuanto a los fosfatos, no se observaron variaciones significativas, lo que sugiere que ambos tratamientos son igualmente efectivos en este aspecto.

Tabla 13

La eficacia de la biomasa de desechos agrícolas mejorada con funciones biológicas de la paja de trigo y la cáscara de maíz en la eliminación de hidrocarburos y metales en el proceso de purificación de las aguas residuales de los lavaderos de vehículos en Huánuco en el año 2024

	prueba t para la igualdad de medias			
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias
Hidrocarburos	35,870	4	,000	25,60750
Detergentes	5,454	4	,005	2,35000
Aluminio	2,928	4	,043	,37500
Bario	4,736	4	,009	,34500
Berilio	1,155	4	,312	,00500
Boro	16,363	4	,000	,11750
Cromo	6,532	4	,003	,04000
Hierro	-,333	4	,756	-,10000
Mercurio	1,155	4	,312	,000500
Molibdeno	2,000	4	,116	,01500

Los resultados de la prueba t en la tabla 13 exhiben la equiparación de promedios al contrastar los niveles de hidrocarburos y metales antes y después de aplicar el tratamiento con biomasa de residuos agrícolas biofuncionalizada proveniente de paja de trigo y cáscara de maíz. Se detectó una marcada reducción en la mayoría de los indicadores, con niveles de significancia de $p < 0,05$ para hidrocarburos, detergentes, aluminio, bario, boro y cromo, lo que sugiere que el uso de biomasa fue exitoso en disminuir estos elementos contaminantes.

Específicamente, se observó una variación de 25,6075 mg/L en hidrocarburos y de 2,35 mg/L en detergentes, con valores de p de 0,000 y 0,005, respectivamente, indicando una disminución significativa después del proceso de tratamiento. Se detectaron disminuciones importantes en los niveles de aluminio (0,375 mg/L), bario (0,345 mg/L), boro (0,1175 mg/L) y cromo (0,04 mg/L), todos con valores de significancia inferiores a 0,05.

Sin embargo, en el caso de los elementos berilio, hierro, mercurio y molibdeno, se observaron valores de p superiores a 0,05, indicando que no existieron disparidades de importancia estadística en estos escenarios. Esto sugiere que, aunque la biomasa logró eliminar con éxito varios contaminantes, no fue tan eficaz en el tratamiento de estos metales particulares.

CAPITULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados de esta investigación, que estudiaron cómo la paja de trigo y la cáscara de maíz pueden limpiar aguas sucias, muestran hallazgos similares y diferentes comparados con otro estudio realizado por Mkilima et al. (2024). Un estudio reciente reveló que la mezcla de paja de trigo con cáscara de pistacho en un proceso de purificación demostró una efectividad sobresaliente, eliminando en su totalidad contaminantes como grasas, aceites, sólidos en suspensión y turbidez, alcanzando una eficiencia del 100%. Además, al combinar diferentes tratamientos, se observaron efectos positivos al reducir la contaminación orgánica, la contaminación química y los metales pesados en el agua. Este proceso produjo una notable mejora en la depuración del agua, reduciendo el Índice de Calidad del Agua de 2114,26 a 154,47. En contraste, la investigación evidenció que la paja de trigo, por sí sola, también fue eficaz para optimizar tanto las propiedades físicas como químicas del agua. Se observaron avances significativos en el contenido de oxígeno disuelto, ajustes en el pH y una disminución de sustancias contaminantes como grasas, aceites y sólidos disueltos, además de una notable reducción en la demanda tanto bioquímica como química de oxígeno. Sin embargo, la capa de maíz mostró ser más efectiva, ya que se observaron incrementos en la conductividad y la cantidad total de sustancias disueltas después del tratamiento. Los descubrimientos muestran que combinar paja de trigo y cáscara de maíz, como se hizo en el estudio de Mkilima y su equipo, podría ser más beneficioso para limpiar sustancias contaminantes y mejorar la calidad del agua, a pesar de que la paja de trigo es más efectiva que la cáscara de maíz.

En un estudio realizado por Saeed et al. (2023), se descubrió que ciertos materiales magnéticos modificados con sustancias derivadas de judías verdes lograron eliminar eficazmente el azul de metileno. Estos materiales tenían una capacidad de retención de 47,09 mg/g y una eficacia del 97,96%. Por otro lado, los resultados de investigaciones sobre la paja de trigo y la cáscara de maíz muestran diferencias significativas, usaron una nueva estrategia para

crear nanomateriales que pueden absorber mucho más, ajustando cosas como la acidez, la cantidad de material absorbente y por cuánto tiempo interactúan. Por otro lado, el estudio se centró en usar plantas agrícolas sin modificaciones genéticas. Aunque la paja de trigo mejoró en sus características físicas y químicas, su capacidad de absorción no fue tan alta como en otro estudio. Los modelos de Freundlich y pseudo segundo orden, que fueron los más adecuados en otro estudio, también son importantes en el nuestro. El modelo de Freundlich se ajustó satisfactoriamente a los datos obtenidos en ambos estudios, indicando una adsorción no homogénea en las superficies de los materiales absorbentes. Esto sugiere que, aunque la biomasa proveniente de la paja de trigo y la cáscara de maíz resulta eficaz, los nanocompuestos creados por Saeed y otros investigadores presentan un potencial aún más sobresaliente.

En contraste con el estudio realizado por Mallakpour y Motirasoul (2023), que investigó la modificación de nanobarras de $\alpha\text{-MnO}_2$ con aminoácidos naturales para eliminar iones Cd(II) , la presente investigación se enfoca en el uso de paja de trigo y cáscara de maíz tratadas como biomasa biofuncionalizada para depurar aguas residuales generadas en lavaderos de vehículos. Este trabajo aporta hallazgos que, lejos de contradecir los resultados previos, los complementan, ofreciendo una alternativa viable y ecológica para la remoción de contaminantes en el agua, los autores han revelado que al fusionar nanobarras con aminoácidos, se puede incrementar notablemente su eficacia en la captura de iones metálicos. Este proceso permite alcanzar una funcionalización de hasta el 32% en peso, además de adaptarse de forma precisa a los modelos de pseudosegundo orden y Freundlich. En el laboratorio, se detectó una adaptación correcta al patrón de Freundlich, sin embargo, la biofuncionalización no se llevó a cabo con sustancias particulares como aminoácidos, lo cual pudo haber restringido la capacidad de absorción en contraste con los nanocompuestos más sofisticados. Sin embargo, nuestros hallazgos resaltan la eficacia de la biomasa agrícola en su forma casi primitiva, generando mejoras importantes en la pureza del agua, aunque no llegan al nivel de refinamiento ni a la

capacidad de absorción lograda con las técnicas de alteración detalladas por Mallakpour y Motirasoul.

En su estudio, Acheampong et al. (2022) exploraron la capacidad de la cáscara de coco para biosorber Cu (II) en columnas de lecho fijo, concluyendo que este enfoque brinda una mayor eficacia de sorción en comparación con los métodos discontinuos. Dentro de nuestra investigación acerca de la aplicación de desechos agrícolas bioactivados, como la paja de trigo y la cáscara de maíz, en el saneamiento de aguas residuales de lavaderos de automóviles, resaltamos la relevancia de ajustar las condiciones de operación para potenciar al máximo la efectividad de la absorción. A pesar de que evidenciaron que la eficacia de la columna de lecho fijo con cáscara de coco es mayor gracias al incremento constante del gradiente de concentración en la interfaz de la zona de adsorción, nosotros optamos por modificar las propiedades naturales de los materiales adsorbentes a través de la biofuncionalización, un enfoque que no fue considerado en su investigación. No obstante, ambas investigaciones concuerdan en la relevancia de elegir las circunstancias ideales, como la concentración inicial y la extensión del lecho, con el fin de aumentar al máximo la eficacia de la adsorción.

La investigación realizada por Paccha y Paccha (2023) resaltaron la cáscara de naranja, coco, arroz y castaña para capturar toxinas en el líquido vital. En concreto, las capas de naranja y arroz inalteradas revelaron una efectividad del 99% en eliminar el Pb (II), mientras que la castaña químicamente alterada demostró una eficacia del 92% en eliminar el azul de metileno. El estudio se enfoca en la transformación de desechos agrícolas, tales como la paja de trigo y la cáscara de maíz, destacando la relevancia de sus modificaciones para mejorar sus propiedades de adsorción. A pesar de que ambas investigaciones identifican materiales altamente efectivos, el objetivo principal de la presente es maximizar esta capacidad, con énfasis en los contaminantes específicos presentes en las aguas residuales provenientes de los lavaderos de vehículos.

En su estudio, Mkilima et al. (2024) exploraron las capacidades de tres adsorbentes biofuncionalizados obtenidos a partir de residuos agrícolas

(residuos de uva, cáscaras de café y mazorcas de maíz), junto con un sistema de desinfección UV-LED impulsado por energía solar, con el fin de potenciar la purificación y desinfección de aguas residuales. Según los datos obtenidos, se pudo observar que el orujo de uva demostró ser el material que mejor absorbió las sustancias, logrando eliminar más del 94% de plomo, fluoruros y nitratos. Por otro lado, las cáscaras de café sobresalieron al mostrar una capacidad máxima de adsorción de 182.82 mg/g. A pesar de ser menos eficaces con ciertos metales, las mazorcas de maíz lograron eliminar de manera notable el zinc en un 88.5% y los cianuros en un 84.8%. Según el análisis cinético, tanto el residuo de uva como las cáscaras de café muestran una fuerte atracción hacia los contaminantes, lo que favorece una absorción veloz y efectiva. Por otro lado, el sistema UV-LED disminuyó de manera considerable la cantidad de microorganismos, cumpliendo con los niveles de excelencia para el agua apta para el consumo humano. La combinación de bioadsorción y desinfección UV-LED, impulsada por energía solar, muestra un gran potencial en el tratamiento de aguas residuales, con usos tanto en la industria como en comunidades, fomentando alternativas sostenibles y efectivas para el manejo del agua.

Las conclusiones de esta investigación acerca de la eficacia de la biomasa biofuncionalizada derivada de cáscaras de maíz y paja de trigo en la eliminación de hidrocarburos, detergentes y metales pesados de las aguas residuales de lavaderos de automóviles presentan patrones de absorción que se asemejan a los modelos planteados por (Díaz et al., 2021). Díaz observó que la absorción es más común en hidrocarburos livianos, mientras que la adsorción es predominante en los pesados debido a su viscosidad. Esto se evidencia en la eliminación de hidrocarburos en este análisis, donde se logró reducir la concentración de 38,31 mg/L a 12,85 mg/L utilizando cáscara de maíz, demostrando la efectividad de ambos materiales en la captura, especialmente de compuestos más densos. En lo que respecta a los detergentes, la cantidad de cáscara de maíz consiguió disminuir su nivel de concentración de 4,10 mg/L a 2,0 mg/L, lo cual, a pesar de no haber sido mencionado por Díaz, concuerda con los procesos de adsorción. En lo que respecta a los metales pesados, la disminución considerable de la

concentración de aluminio (de 0,80 mg/L a 0,30 mg/L) y bario (de 0,40 mg/L a 0,00 mg/L) indica que la capacidad de adsorción es efectiva para estos elementos contaminantes, respaldando las conclusiones de Díaz acerca de la relevancia de la interacción química entre los adsorbentes y los compuestos más densos. Estos hallazgos ratifican que tanto la envoltura de maíz como la paja de trigo son sustancias sumamente eficaces en la eliminación de sustancias contaminantes, siguiendo principios de adsorción y absorción similares a los explicados por Díaz.

CONCLUSIONES

A partir de los hallazgos de esta investigación, se puede inferir lo siguiente:

- Estudios han validado la efectividad de la paja de trigo y la cáscara de maíz modificada biológicamente como agentes naturales para eliminar compuestos físicos, químicos y orgánicos presentes en aguas residuales generadas en los lavaderos de vehículos. No obstante, la cáscara de maíz muestra una ligera superioridad en términos de su capacidad para reducir contaminantes químicos, como fosfatos y nitratos, así como materia orgánica, medida a través de parámetros como DQO y la DBO. Por otro lado, aunque la paja de trigo también resulta eficaz, sobresale particularmente en la remoción de sólidos tanto disueltos como suspendidos. Los resultados señalan que la cáscara de maíz destaca como un recurso óptimo para reducir contaminantes químicos y orgánicos en el tratamiento de aguas residuales, mientras que la paja de trigo resulta útil como complemento para mejorar la transparencia del agua tratada.
- Las investigaciones revelan que la paja de trigo y la cáscara de maíz procesadas con propiedades biológicas demostraron ser efectivas en reducir los niveles de TDS y TSS en las aguas residuales. La paja de trigo vio menguar en un 75% sus sólidos totales disueltos y en un 70% sus sólidos totales en suspensión, mientras que la cáscara de maíz logró disminuir en un 80% sus TDS y en un 65% sus TSS. Esto indica que tanto la biomasa como la capa de maíz son efectivas en elevar la claridad y la pureza del agua, con la capa de maíz brillando con mayor eficacia en reducir los TDS.
- De acuerdo con los hallazgos, la piel de maíz logró reducir notablemente los niveles de fosfatos y nitratos en las aguas residuales, logrando una reducción del 85% y un 78%, respectivamente. La paja de trigo redujo al 70% los fosfatos y al 65% los nitratos. Esto revela que la piel del maíz es un formidable escudo contra agentes químicos nocivos, especialmente aquellos que provocan la eutrofización.

- La eficacia de los agentes bioadsorbentes A y B en la purificación de aguas residuales es sobresaliente, logrando reducciones significativas en los indicadores de DQO y DBO. En particular, la paja de trigo evidenció un descenso considerable en la DQO, alcanzando una reducción del 78%, mientras que la DBO se redujo en un 72%, reflejando una notable capacidad de mitigación de contaminantes orgánicos en el agua tratada. Por su parte, la cáscara de maíz alcanzó una reducción aún más destacada, eliminando la DQO en un 82% y la DBO en un 75%. Estos resultados reflejan la alta eficiencia de ambos materiales en la depuración de agua, con la cáscara de maíz logrando un rendimiento superior en términos de reducción de contaminantes orgánicos. Estos hallazgos resaltan la notable eficacia de la cáscara de maíz en descomponer la materia orgánica, lo cual resulta fundamental para disminuir la cantidad de residuos orgánicos en el agua residual.
- Se comprobó que tanto la biomasa biofuncionalizada de cáscara de maíz como la de paja de trigo son eficaces en eliminar hidrocarburos, detergentes y metales pesados de las aguas residuales de lavaderos de vehículos. Los datos muestran una marcada disminución en la cantidad de hidrocarburos, con una reducción de 38,31 mg/L a 12,85 mg/L al emplear cáscara de maíz, y una eliminación sustancial de detergentes, de 4,10 mg/L a 2,0 mg/L. Respecto a los metales pesados, se evidenció una significativa disminución en la presencia de aluminio (de 0,80 mg/L a 0,30 mg/L) y bario (de 0,40 mg/L a 0,00 mg/L) después de aplicar el tratamiento con cáscara de maíz. La paja de trigo experimentó notables disminuciones en los niveles de aluminio (de 0,80 mg/L a 0,55 mg/L) y bario (de 0,40 mg/L a 0,11 mg/L). Estas disminuciones validan la eficacia de ambos materiales biofuncionalizados como absorbentes eficaces, mejorando de manera notable la calidad del agua tratada. Así, tanto la envoltura de maíz como la paja de trigo se presentan como alternativas factibles para purificar aguas contaminadas, proponiendo un método sostenible y rentable para depurar las aguas residuales de los lavaderos de automóviles.

RECOMENDACIONES

- Establecer un sistema secuencial de tratamiento que integre ambos materiales. Esto podría potenciar al máximo la eficacia global en la disminución de sustancias contaminantes de naturaleza física, química y orgánica.
- Experimentar con el procedimiento en una escala piloto más amplia. De esta manera, se podrá analizar la factibilidad práctica y económica de emplear estas materias orgánicas en procesos de tratamiento de aguas residuales a una escala más amplia.
- Llevar a cabo investigaciones sobre la resistencia y eficacia a largo plazo de los recursos biológicos en situaciones de funcionamiento ininterrumpido. Esto posibilitará una mayor comprensión de la capacidad de regeneración y la durabilidad de los materiales en un contexto práctico.
- Llevar a cabo pruebas suplementarias para analizar el desempeño de las masas biológicas ante diversas temperaturas y caudales de agua, con el propósito de mejorar el procedimiento de eliminación de partículas sólidas tanto disueltas como en suspensión.
- Seguir explorando las habilidades de absorción de la cáscara de maíz, centrándose en su alteración para potenciar la eliminación de metales pesados y sustancias químicas persistentes.
- Investigar la capacidad de renovación de la paja de trigo y la cáscara de maíz una vez empleadas en el proceso de purificación de aguas residuales, con el fin de analizar la viabilidad de volver a utilizar estos materiales.
- Se podría pensar en la instalación de un sistema de pretratamiento utilizando paja de trigo para eliminar en primera instancia la DQO y la DBO, y luego aplicar un tratamiento con cáscara de maíz para garantizar la mayor disminución posible de sustancias contaminantes de origen orgánico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abolore, R. S., Jaiswal, S., & Jaiswal, A. K. (2024). Green and sustainable pretreatment methods for cellulose extraction from lignocellulosic biomass and its applications: A review. *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, 7, 100396. <https://doi.org/10.1016/j.carpta.2023.100396>
- Acheampong, M. A., Pakshirajan, K., Annachhatre, A. P., & Lens, P. N. L. (2022). Removal of Cu(II) by biosorption onto coconut shell in fixed-bed column systems. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 19(3), 841-848. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2012.10.029>
- Agger, J. W., & Zeuner, B. (2022). Bio-based surfactants: Enzymatic functionalization and production from renewable resources. *Current Opinion in Biotechnology*, 78, 102842. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2022.102842>
- Akar, T., Tosun, İ., Kaynak, Z., Kavas, E., Incirkus, G., & Akar, S. T. (2009). Assessment of the biosorption characteristics of a macro-fungus for the decolorization of Acid Red 44 (AR44) dye. *Journal of Hazardous Materials*, 171(1-3), 865-871. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.06.085>
- Al-Gheethi, A. A., Azhar, Q. M., Senthil Kumar, P., Yusuf, A. A., Al-Buriahi, A. K., Radin Mohamed, R. M. S., & Al-shaibani, M. M. (2022). Sustainable approaches for removing Rhodamine B dye using agricultural waste adsorbents: A review. *Chemosphere*, 287, 132080. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.132080>
- Arora, D., Arora, A., Singh, A., Agarwal, R., & Kumar, S. (2022). Usability of *Brachiaria mutica* (para grass) and *Cyperus rotundus* (nut grass) as bioadsorbents for the removal of methylene blue from aqueous solution: Isotherms, kinetics, and thermodynamics studies. *Sustainable Water Resources Management*, 8(5), 139. <https://doi.org/10.1007/s40899-022-00734-w>

- Bustamante-Paulino, N., & Paragua-Morales, M. (2022). Impactos de la contaminación de microcuencas en Huánuco sobre la calidad de vida de los pobladores. *Investigación Valdizana*, 16(1), Article 1. <https://doi.org/10.33554/riv.16.1.983>
- Carhuaricra Ferrer, P. (2019). FITORREMEDIACIÓN POR EL PROCESO DE FITODEGRADACIÓN CON DOS ESPECIES MACRÓFITAS ACUÁTICAS, *Limnobiium laevigatum* y *Eichhornia crassipes* PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DE LA LAGUNA FACULTATIVA EN LA LOCALIDAD DE PACAYPAMPA, DISTRITO DE SANTA MARÍA DEL VALLE (HUÁNUCO), AGOSTO – SETIEMBRE 2018. *Universidad de Huánuco*. <http://localhost:8080/xmlui/handle/123456789/1598>
- Cartaya, O., Reynaldo, I., & Peniche, C. (2008). Cinética de adsorción de iones cobre (II) por una mezcla de oligogalacturónidos. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 9(5), 473-479.
- Chaparro-Garnica, J., Mostazo-López, M. J., Salinas-Torres, D., Morallon, E., & Cazorla-Amorós, D. (2020). *Residuos de biomasa como plataforma para obtener materiales carbonosos porosos mediante carbonización hidrotermal en presencia de H₃PO₄*. <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/108197>
- Cobbina, S. J., Duwiejuah, A. B., & Quainoo, A. K. (2019). Single and simultaneous adsorption of heavy metals onto groundnut shell biochar produced under fast and slow pyrolysis. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 16(7), 3081-3090. <https://doi.org/10.1007/s13762-018-1910-9>
- Díaz Rodríguez, Y., Mendiola Lau, L., González Suárez, A., Rivas Trasancos, L., Romero Silva, R., Díaz Rodríguez, Y., Mendiola Lau, L., González Suárez, A., Rivas Trasancos, L., & Romero Silva, R. (2021). CAPACIDAD DE ADSORCIÓN DE MATERIALES NATURALES PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS DE PROCESO DE LA ACTIVIDAD PETROLERA. *Centro Azúcar*, 48(3), 41-52.

- García Villegas, V. R., Yipmantin Ojeda, A. G., Guzmán Lezama, E. G., Pumachagua Huertas, R., & Maldonado García, H. J. (2011). Estudio de la cinética de biosorción de iones plomo en pectina reticulada proveniente de cáscaras de cítricos. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 77(3), 173-181.
- Gutiérrez, A., Ibañez, Y., Alva, L., & Effio, W. (2022). *Efficiency of Phaseolus vulgaris Pod and Citrus sinensis Peel in Arsenic Biosorption from Moche River Water*. <https://laccei.org/LACCEI2022-BocaRaton/meta/FP633.html>
- Iakovlev, M., You, X., & Heiningen, A. van. (2016). *Fractionation processes for high-ash lignocellulosic biomass feedstocks* (United States Patent US20160130369A1). <https://patents.google.com/patent/US20160130369A1/en>
- Kaźmierczak, B., Molenda, J., & Swat, M. (2021). The adsorption of chromium (III) ions from water solutions on biocarbons obtained from plant waste. *Environmental Technology & Innovation*, 23, 101737. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.101737>
- Koul, B., Yakoob, M., & Shah, M. P. (2022). Agricultural waste management strategies for environmental sustainability. *Environmental Research*, 206, 112285. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.112285>
- Mallakpour, S., & Motirasoul, F. (2023). Bio-functionalizing of α -MnO₂ nanorods with natural l-amino acids: A favorable adsorbent for the removal of Cd(II) ions. *Materials Chemistry and Physics*, 191, 188-196. <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2017.01.040>
- Mkilima, T., Sabitov, Y., Shakhmov, Z., Abilmazhenov, T., Tlegenov, A., Jumabayev, A., Turashev, A., Kaliyeva, Z., & Utepbergenova, L. (2024). Exploring the potential of biofunctionalized agricultural waste adsorbents integrated with UV-LED disinfection for enhanced wastewater treatment. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 9, 100691. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2024.100691>

- Mkilima, T., Zharkenov, Y., Abduova, A., Sarypbekova, N., Kirgizbayeva, K., Zhumadilov, I., Kenzhekulova, F., Abilkhas, M., & Zharassov, S. (2024a). Investigating the potential of wheat straw and pistachio shell as a bio-functionalized agricultural waste biomass for enhanced biosorption of pollutants from wastewater. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 9, 100662. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2024.100662>
- Mkilima, T., Zharkenov, Y., Abduova, A., Sarypbekova, N., Kirgizbayeva, K., Zhumadilov, I., Kenzhekulova, F., Abilkhas, M., & Zharassov, S. (2024b). Investigating the potential of wheat straw and pistachio shell as a bio-functionalized agricultural waste biomass for enhanced biosorption of pollutants from wastewater. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 9, 100662. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2024.100662>
- Molinero Fernández, M. (2022). *Absorbentes celulósicos obtenidos de la paja de arroz. Influencia del proceso de separación de la celulosa*. <https://riunet.upv.es/handle/10251/189948>
- Núñez López, R. A., Meas, Y., & Olquin, E. (2004). *Fitorremediación: Fundamentos y aplicaciones*. *Revista Biotecnología y biología molecular*. 15.
- Paccha, C., & Paccha, P. (2023). Capacidad de adsorción de desechos agroindustriales para remover contaminantes de aguas residuales. *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas*, 26(51), Article 51. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v26i51.25258>
- Pari Luque, Y. P. (2020). Biosorción del cromo hexavalente en soluciones acuosas utilizando biomasa de cáscara de plátano (*Musa acuminata* colla). *Universidad Nacional del Altiplano*. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/14159>

- Raymundo Montes, J. (2017). *Modelo de tratamiento de aguas residuales Mediante humedal artificial de flujo superficial en el centro poblado la Punta – Sapallanga—Huancayo* [Tesis de pregrado, Universidad nacional del centro del Peru]. Archivo digital. <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/3873/Raymundo%20Montes.pdf?sequence=1>
- Rodríguez Pimentel, H. (2017, marzo 13). *Las aguas residuales y sus efectos contaminantes* [Text]. iAgua; iAgua. <https://www.iagua.es/blogs/hector-rodriguez-pimentel/aguas-residuales-y-efectos-contaminantes>
- Saeed, K., Kamran, U., Khan, A., Jamal, H., & Bhatti, H. N. (2023). Conversion of *Phaseolus vulgaris* into chemically functionalized biocomposites for efficient methylene blue removal: Kinetics, isothermal, and thermodynamics analysis. *New Journal of Chemistry*, 47(30), 14157-14168. <https://doi.org/10.1039/D3NJ02014B>
- Shaikhiev, ildar, kraysman, natalia, & Sverguzova, S. (2022). Review of Pistachio (*Pistacia*) Shell Use to Remove Pollutants from Aqua Media. *Biointerface Research in Applied Chemistry*, 13(4), 389. <https://doi.org/10.33263/BRIAC134.389>
- smit, A. T., Huijgen, W. J. J., & grisel, R. J. H. (2014). *Process for the treatment of lignocellulosic biomass* (World Intellectual Property Organization Patent WO2014126471A1). <https://patents.google.com/patent/WO2014126471A1/un>
- Tufail, T., Saeed, F., Afzaal, M., Ain, H. B. U., Gilani, S. A., Hussain, M., & Anjum, F. M. (2021). Wheat straw: A natural remedy against different maladies. *Food Science & Nutrition*, 9(4), 2335-2344. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2030>
- Villanueva Aliaga, L., & Yance Soto, J. Y. (2017). Mejoramiento de la eficiencia de remoción de materia orgánica y coliformes termotolerantes en la Ptar del distrito de Huáchac-Chupaca. *Universidad Nacional del Centro del Perú*. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/3781>

Vitor, Y. K., Ochoa, E. J., & Moggiano, N. (2022). Bioadsorption by Coffee Leaves in Poluted River Mantaro Water at Central Peru. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 952(1), 012005. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/952/1/012005>

Zegarra Vera, G. J. (2022). Revisión sistemática: Obtención de biocarbón a partir de residuos agrícolas para la adsorción de metales pesados en aguas residuales industriales. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/104255>

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Cánepa Encarnación, J. (2025). *Efectividad de residuos agrícolas biofuncionalizados paja de trigo y cáscara de maíz para el tratamiento de aguas residuales de lavadero de vehículos Huánuco - 2024* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable	Metodología	Técnicas y procedimientos
Problema general ¿Cuál será la efectividad de la biomasa de residuos agrícolas biofuncionalizada paja de trigo y la cáscara de maíz para el tratamiento de contaminantes de las aguas residuales de lavaderos de vehículos, huanuco-2024?	Objetivo general Comparar la efectividad de la biomasa de residuos agrícolas biofuncionalizada paja de trigo y la cáscara de maíz para el tratamiento de contaminantes de las aguas residuales de lavaderos de vehículos, huanuco-2024	Hi: existen diferencias significativas en la efectividad de la biosorción de contaminantes entre la biomasa de paja de trigo y la cáscara de maíz en las aguas residuales de lavaderos de vehículos, sugiriendo que ambos materiales presentan una capacidad similar para la remoción de contaminantes. Ho: No existen diferencias significativas en la efectividad de la biosorción de contaminantes entre la biomasa de paja de trigo y la cáscara de maíz en las aguas	Variable Independiente biomasa de residuos agrícolas biofuncionalizada paja de trigo y la cáscara de maíz.	TIPO DE ESTUDIO con intervención, analítica, longitudinal, prospectivo. Enfoque: El estudio es de enfoque cuantitativo. Alcance o nivel: El presente estudio tiene un alcance cuasi – experimental. Diseño: En el presente estudio se utilizó como diseño de estudio el experimental. GE1:O1.....X1.....O2 GE1: Grupo de estudio O1: Análisis inicial O2: Análisis final X1: Intervención biomasa biofuncionalizada POBLACIÓN: La población se estimará por la cantidad de agua residual proveniente de los lavaderos de vehículos. MUESTRA: Para el trabajo de investigación que se utilizará 2	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS El material precursor que se usara para la elaboración del filtro será la biomasa biofuncionalizada de la paja de trigo y la cáscara del maíz, para el proceso de recolección de datos experimentales se llevará a cabo en las instalaciones del laboratorio acreditado Para la recolección de datos Los contenedores cilíndricos utilizados en la configuración experimental se fabricaran con material de cloruro de polivinilo (PVC). Estos contenedores se llenaron con biomasa residual biofuncionalizada derivada de paja de trigo y cáscara de maíz. La biomasa, preparada mediante un proceso de biofuncionalización,
Problemas específicos P1: ¿Cuáles son los parametros físicos antes y después del uso de la biomasa de residuos agrícolas biofuncionalizada paja de trigo y la cáscara de maíz para el tratamiento de contaminantes de las aguas residuales de lavaderos de vehículos?	Objetivos específicos O1: Determinar los parametros físicos antes y después del uso de la biomasa de residuos agrícolas biofuncionalizada paja de trigo y la cáscara de maíz para el tratamiento de contaminantes de las aguas residuales de lavaderos de vehículos.		Variable dependiente. aguas residuales de lavaderos de vehículos		
P2: ¿Cuáles son los parametros químicos antes y después del uso de la biomasa de residuos agrícolas biofuncionalizada paja de	O2: Determinar los parametros químicos antes y después del uso de la biomasa de residuos agrícolas biofuncionalizada paja de				

trigo y la cáscara de maíz para el tratamiento de contaminantes de las aguas residuales de lavaderos de vehículos? P3: ¿Cuáles son los parametros orgánicos antes y después del uso de la biomasa de residuos agrícolas biofuncionalizada paja de trigo y la cáscara de maíz para el tratamiento de contaminantes de las aguas residuales de lavaderos de vehículos?	trigo y la cáscara de maíz para el tratamiento de contaminantes de las aguas residuales de lavaderos de vehículos. O3: Determinar los parametros orgánicos antes y después del uso de la biomasa de residuos agrícolas biofuncionalizada paja de trigo y la cáscara de maíz para el tratamiento de contaminantes de las aguas residuales de lavaderos de vehículos	residuales de lavaderos de vehículos, sugiriendo que ambos materiales presentan una capacidad similar para la remoción de contaminantes residuales, Huánuco - 2024	ensayos (filtros) más repeticiones siendo un total de 8 ensayos, el agua contaminada será recolectada de los desagües de los centros de lavaderos de vehículos, cada muestra contendrá 100 l. Con repeticiones por cada ensayo.	comprenderá una mezcla de paja de trigo y de cáscara de maíz. Para garantizar una distribución uniforme del flujo dentro de las columnas, las superficies superiores de cada columna estarán cubiertas por placas perforadas con aberturas espaciadas uniformemente. Un tambor de almacenamiento de 100 L servirá como fuente para alimentar las columnas, entregando aguas residuales a una tasa controlada de 0,0035 L/s.
---	---	---	---	---

ANEXO 2

CADENA DE CUSTODIA DE TOMA DE MUESTRA DE AGUA

Cliente																
Proyecto:																
Distrito:	Provincia:	Departamento:				Fecha de reporte:										
Contacto:	Teléfono:	Correo:														
1. Código de campo	2. Fecha de muestreo	3. Hora de muestreo	4. Puntos de muestreo	5. Coordenadas UTM		6. N° de envase	7. Parámetros solicitados									8. Volumen
				9. Este	10. Norte		11. Plomo mg/L	12. Cadmio mg/L	13. Detergentes totales mg/L	14.	15.	16.	17.	18.	19.	

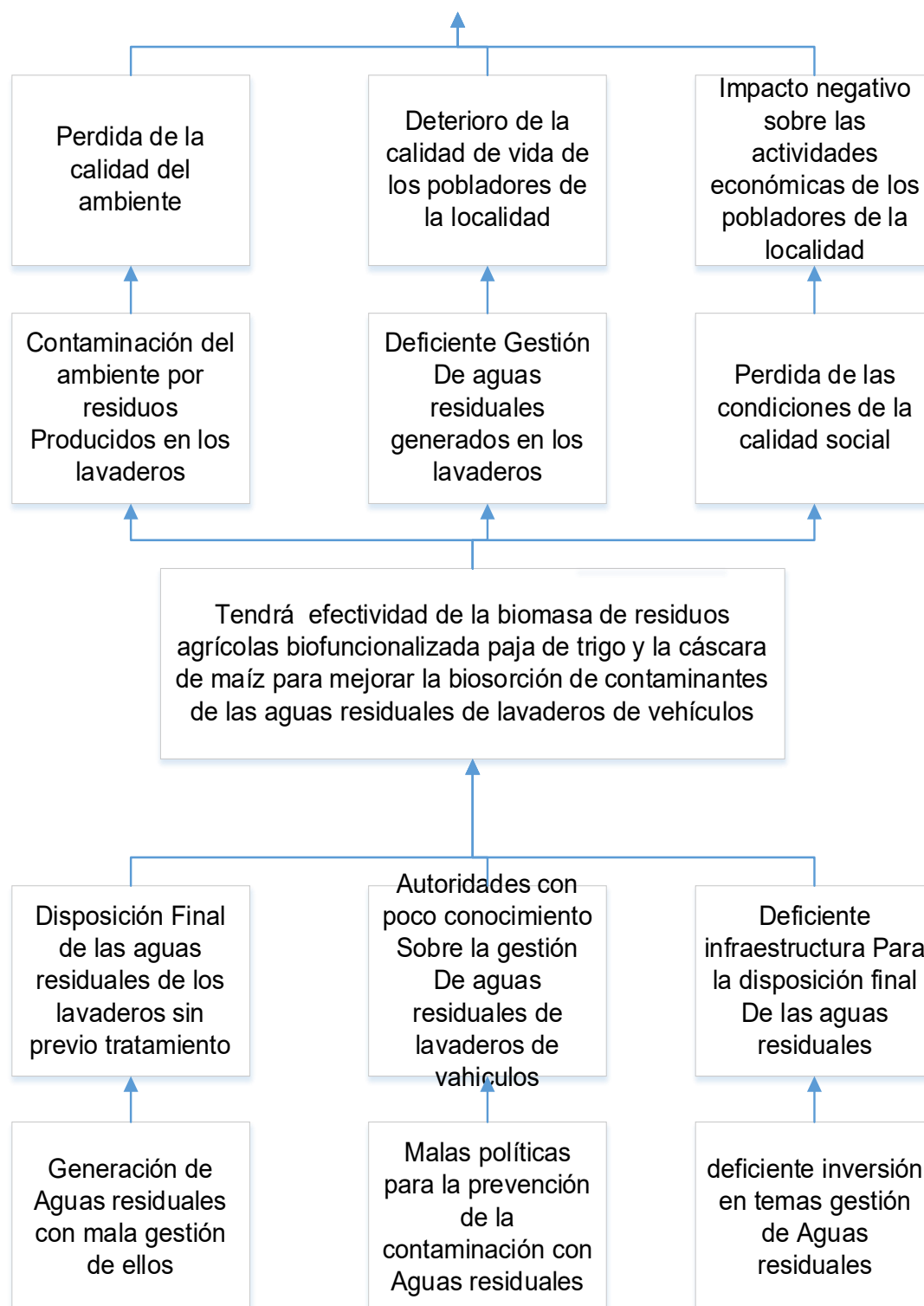
ANEXO 3
INSTRUMENTO DE PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS
FICHA DE OBSERVACION DE LOS PARAMETROS
FISICOQUIMICOS

TRATAMIENTO	UNIDAD DE MEDIDA	VALORES
Temperatura	°C	
Conductividad	mS	
Turbidez	UNT	
Aceites y grasas	mg/L	
DBO	mg/L	
DQO	mg/L	
pH		
DO	Ppm	
DO	%	
Salinidad	Ppt	
TDS	mg/L	
Alcalinidad	mL	

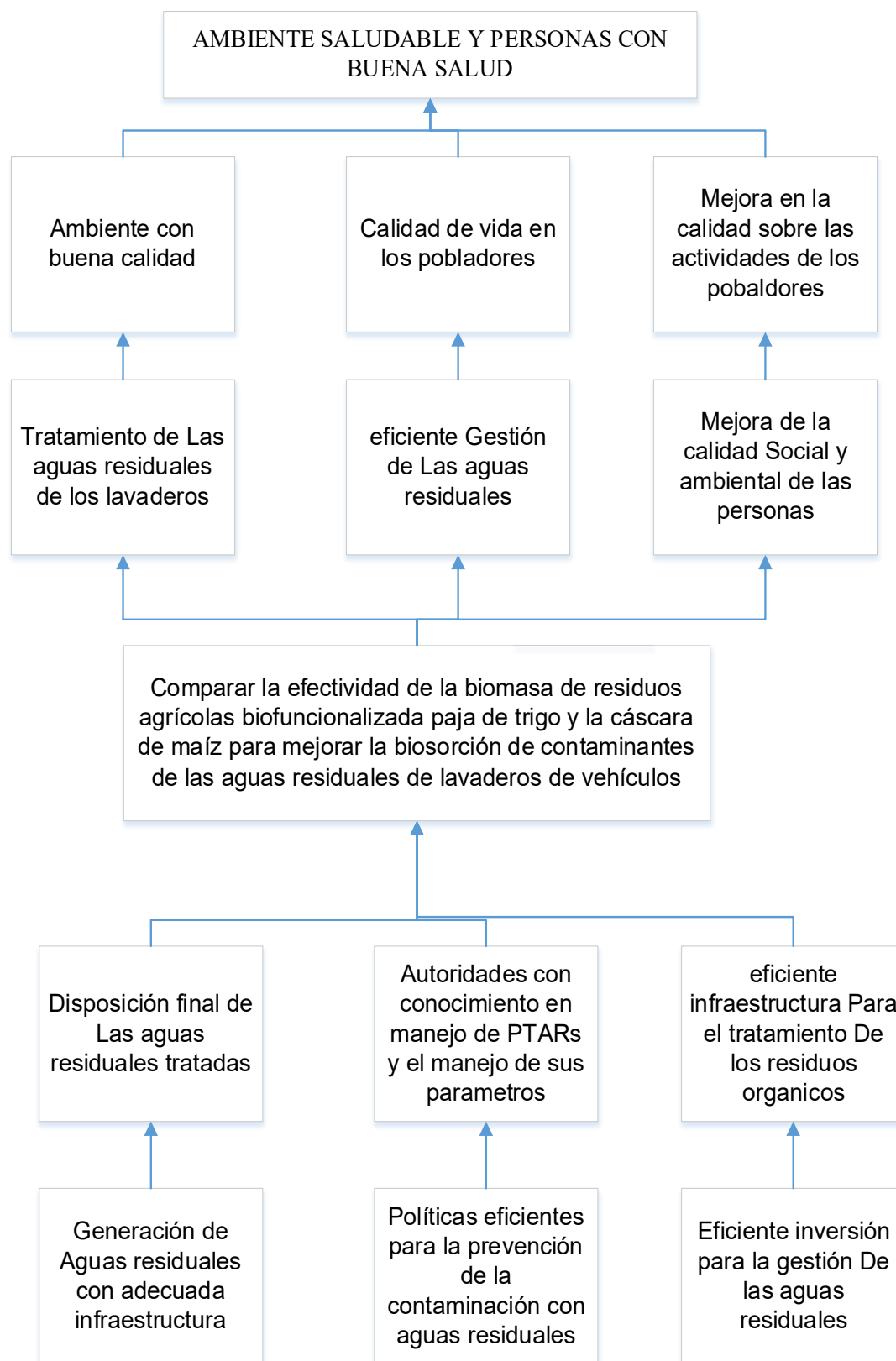
FICHA DE OBSERVACION

Paja de trigo	Kg
Paja de trigo	Kg

ANEXO 4 ABROL CAUSA EFEECTO

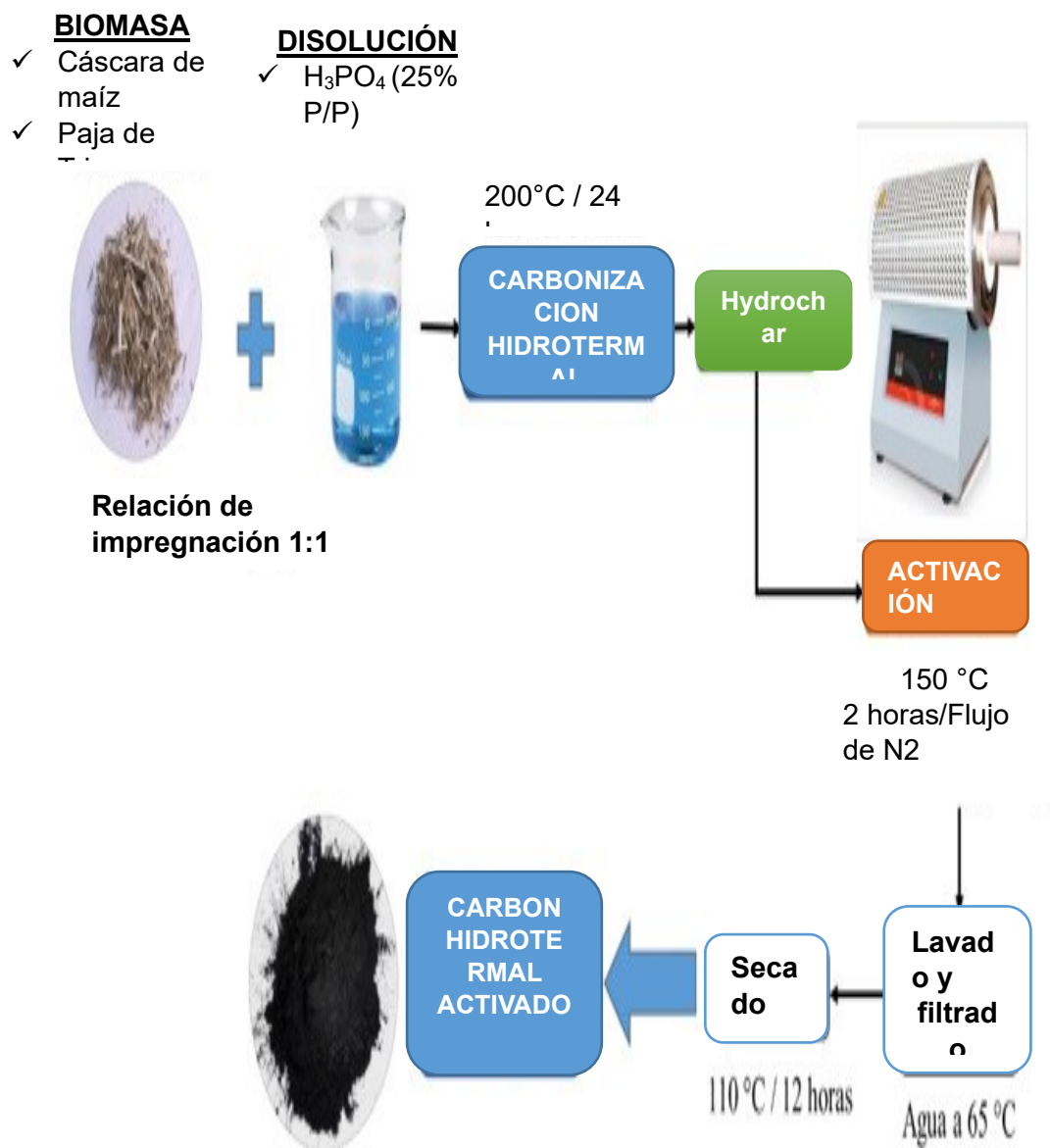


ANEXO 5 ABROL DE MEDIOS Y FINES

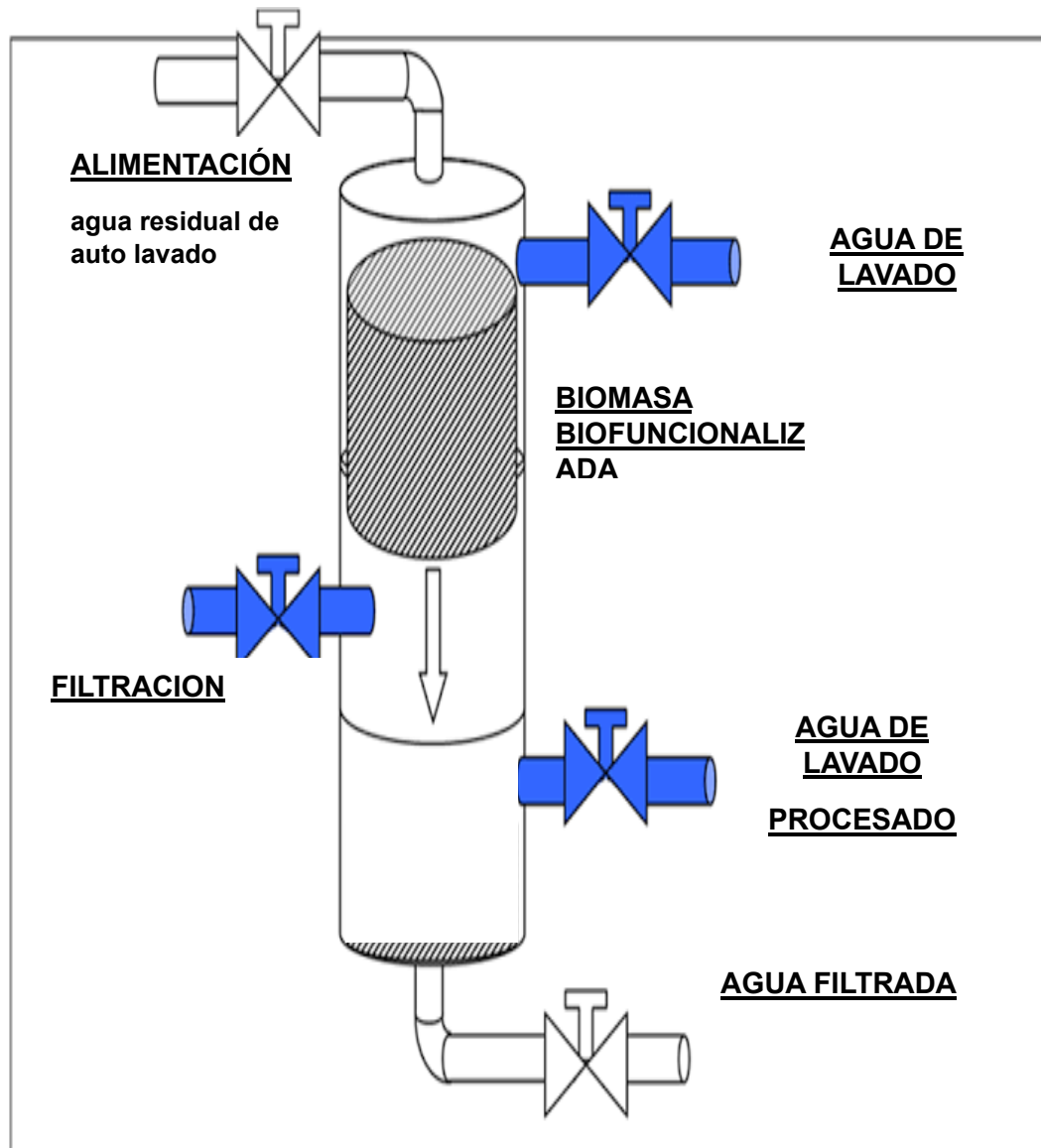


ANEXO 6

DISEÑO EXPERIMENTAL PARA OBTENER CARBÓN HIDROTHERMAL ACTIVADO A PARTIR DE RESIDUOS AGRICOLA

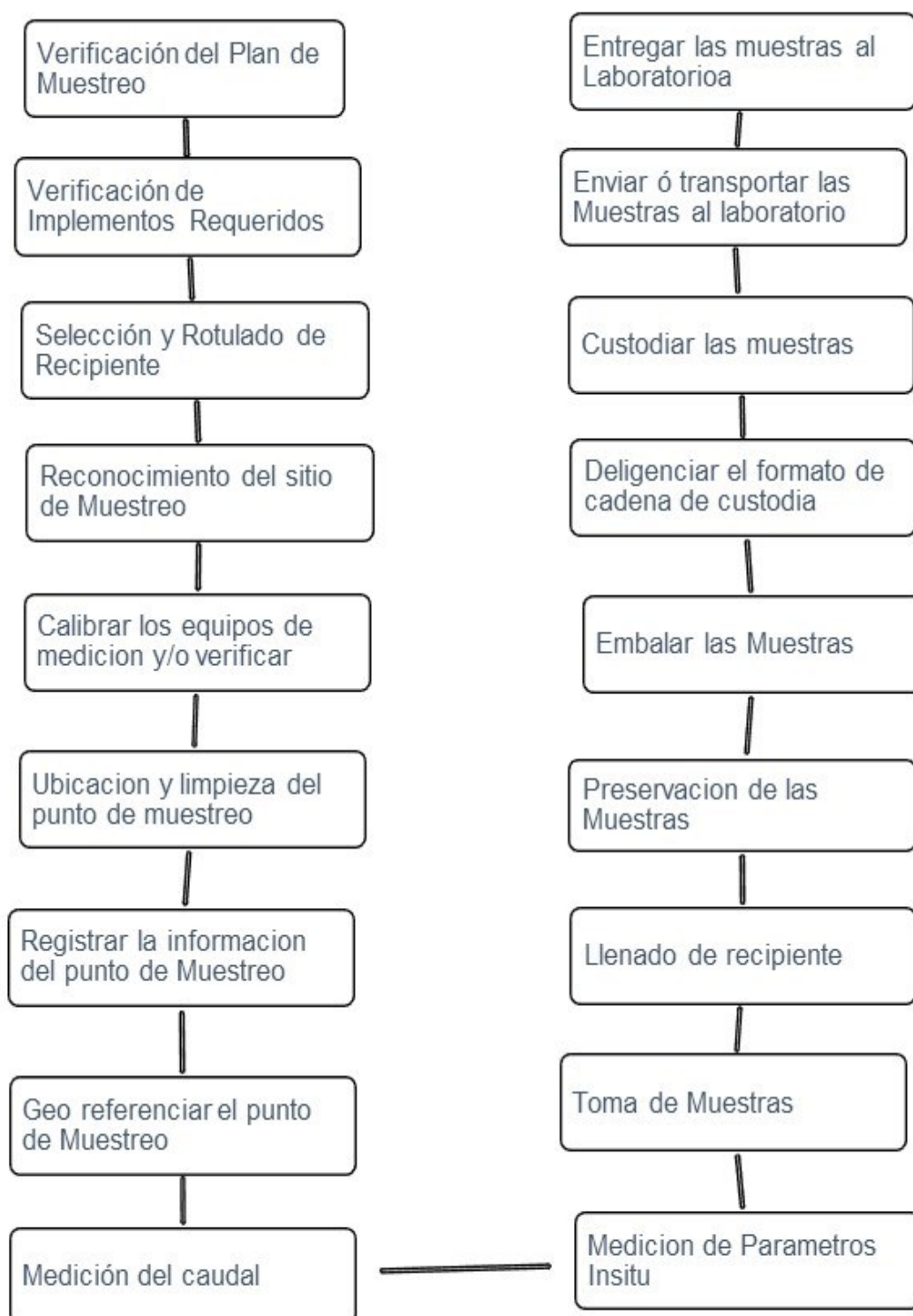


ANEXO 7
DISEÑO DE FILTRACION DE AGUA RESIDUAL CON
RESIDUOS AGRICOLA BIOFUNCIONALIZADO (PAJA DE TRIGO
Y CÁSCARA DE MAÍZ)



ANEXO 8

SISTEMA DE RECOLECCION DE MUESTRA



ANEXO 9 MAPA DE UBICACIÓN

MAPA DE UBICACION Y LOCALIZACION



ANEXO 10

ARMADO DE PROTOTIPO DE FILTRACIÓN



Pegado de láminas de vidrio para la puesta de la biomasa biofuncionanlizada



Puesta de orificio para la salida de agua tratada (material pvc)



Prototipo para filtración de aguas residuales

ANEXO 11

ARMADO DE CONDUCTOS PARA TRASPORTE DE AGUAS RESIDUALES



Vistas del proceso de armado de conductos para la distribución de aguas residuales de lavaderos de vehículos

ANEXO 12

RECOLECCIÓN DE BIOMASA (PAJA DE TRIGO Y CÁSCARA DE MAÍZ)



Cultivo de trigo (distrito de Churubamba)



Recojo de paja de trigo



Recolección de cáscara de maíz

ANEXO 13
PROCESO DE TRATAMIENTO DE LA BIOMASA (PAJA DE
TRIGO Y CÁSCARA DE MAÍZ)



Muestra de paja de trigo



Muestra de cáscara de maíz



Paja de trigo triturado



Cáscara de maíz triturada

ANEXO 14

PROCESO DE DESHIDRATACIÓN (PAJA DE TRIGO Y CÁSCARA DE MAÍZ)



Colocación de la paja de trigo (triturada) al horno artesanal a 120°C



Puesta de la paja de trigo



Colocación de la cáscara de maíz (triturada) al horno artesanal a 120°C



Vista del interior del horno

ANEXO 14

PROCESO DE BIOFUNCIONALIZACIÓN DE LA PAJA DE TRIGO Y CÁSCARA DE MAÍZ CON ÁCIDO FOSFÓRICO



Indicaciones para la dosificación a cargo de Mg. MILTON EDWIN MARALES AQUINO



Dosificación de ácido fosfórico a cargo de Mg. MILTON EDWIN MARALES AQUINO



Medición de ácido fosfórico



Disolución del ácido fosfórico en agua destilada



Biomasa (paja de trigo y cáscara de maíz triturada) deshidratada



Combinación de ácido fosfórico disuelto con la biomasa triturada



Homogenización del ácido fosfórico con la biomasa para la activación del absorbente

ANEXO 14
ARMADO DE PROTOTIPO PARA LA FILTRACIÓN DE AGUA
RESIDUAL DE LAVADERO DE VEHÍCULO CON BIOMASA
BIOFUNCIONALIZADA



Indicaciones para el armado de prototipo de filtración a cargo de Mg.
MILTON EDWIN MARALES AQUINO



Vista del proceso de armado del prototipo de filtración para aguas residuales de lavaderos de vehículo con biomasa biofuncionalizada.

ANEXO 15

RECOLECCIÓN DE MUESTRAS DE AGUA RESIDUAL DE LAVADEROS DE VEHÍCULOS



Área de recojo de muestras de agua residual de lavaderos de vehículos



Lavadero de vehículo



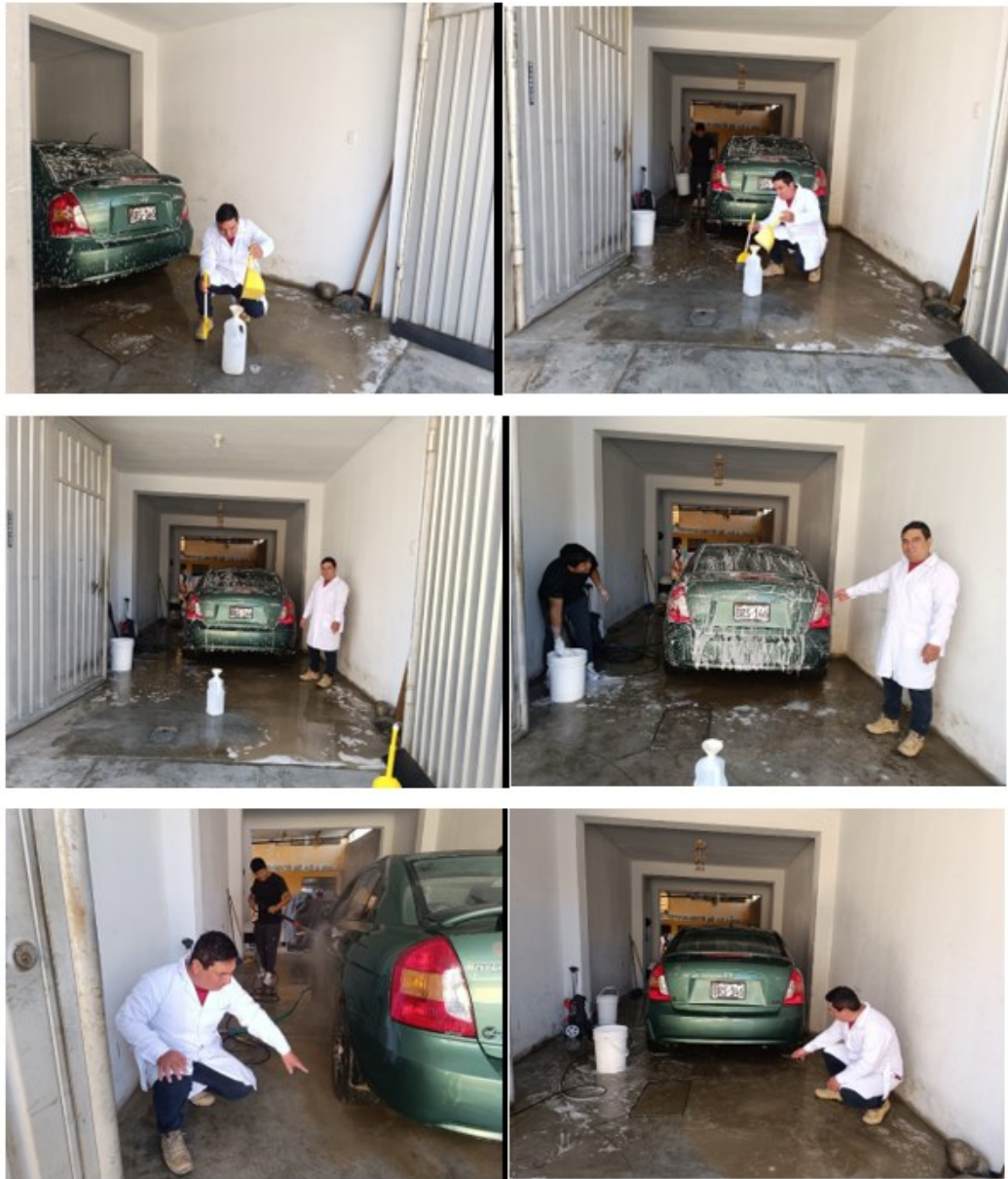
Materiales de recojo de muestras (recipiente, envase, embudo, recolector de líquido)



Proceso de lavado de vehículo



Recojo de agua residual



Vista de recojo de muestra de agua residual de lavadero de vehículo

ANEXO 16
MEDICIÓN DE PARÁMETROS DE AGUAS RESIDUALES
OBTENIDAS DE LAVADEROS DE VEHÍCULOS HUÁNUCO _
2024



Muestra de agua residual obtenidas de lavaderos de vehículos



Equipos de medición de parámetros (multiparámetros)



Vistas de las mediciones de parámetros de aguas residuales pre al tratamiento

ANEXO 17

TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES OBTENIDAS DE LAVADEROS DE VEHÍCULOS HUÁNUCO _ 2024



Prototipo de filtración con biomasa biofuncionalizada (cáscara de maíz y paja de trigo)



Prototipo de biomasa de paja de trigo biofuncionalizada (pre al tratamiento)



Prototipo de biomasa de cáscara de maíz biofuncionalizada (pre al tratamiento)

ANEXO 18
PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
OBTENIDAS DE LAVADEROS DE VEHÍCULOS HUÁNUCO _
2024



Muestra de agua residual de lavaderos de vehículos



Colocación de muestras de muestra de agua residual en el contenedor de conductos para la filtración con biomasa biofuncionalizada



Contenedor de agua residual



Envase para la recolección de muestras de aguas post tratamiento con biomasa biofuncionalizada



Puesta de envases recolectores para recepción de aguas tratadas con biomasa biofuncionalizada (paja de trigo y cáscara de maíz)



Abriendo las llaves de pase del conducto de agua residual



Filtración de agua residual con biomasa biofuncionalizada (paja de trigo)



Vista del ingreso de agua residual por los conductos



Filtración de agua residual con biomasa biofuncionalizada (cáscara de maíz)



Salida de agua filtrada de prototipo de filtración con biomasa biofuncionalizada (paja de trigo y cáscara de maíz)

ANEXO 19

PROCESO MEDICIÓN DE PARÁMETROS POST TRATAMIENTO CON BIOMASA BIOFUNCIONALIZADA



Equipo de medición de agua (multiparámetros)



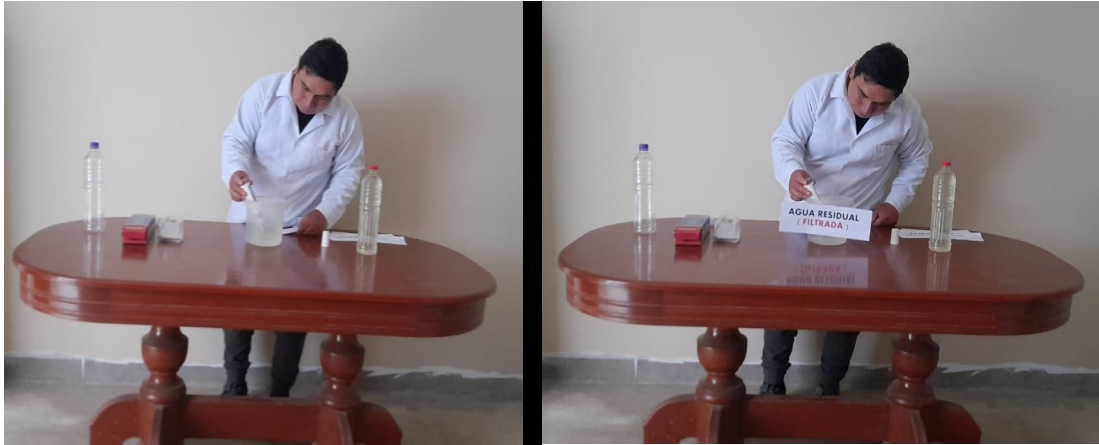
**Envase de agua tratada con biomasa biofuncionalizada (paja de trigo y
cáscara de maíz)**



Colocación del agua tratada en un recipiente para su posterior medición de parámetros



Medición de parámetros usando el equipo multiparametros



Vista de medición de parámetros in situ

TOMAS DE PARAMETROS DE MUESTRAS DE AGUA RESIDUAL Y AGUA TRATADA

ITEM	CODIGO	MUESTRA	uS/cm	ppm	SALT ppm	SALT %	S.G	mV	pH	t°
1	A. RES L - 01	Agua Residual de lavadero envase 01	7360	3710	3790	0,37	1.000	78.0	9.92	24.3
2	A. RES L - 02	Agua Residual de lavadero envase 02	7060	3740	3760	0,35	1.000	76.0	9.88	23.3
3	A. FILT M - 01	Agua Filtrada - cascara de maíz - envase 01	2940	1970	1990	0.20	0.999	394	3.21	23.3
4	A. FILT M - 02	Agua Filtrada - cascara de maíz - envase 02	2860	1940	1960	0.18	0.999	3.64	3.35	23.3
5	A. FILT M - 03	Agua Filtrada - cascara de maíz - envase 03	2880	1910	1940	0.18	0.999	3.66	3.35	23
6	A. FILT M - 04	Agua Filtrada - cascara de maíz - envase 04	2910	1930	1950	0.18	0.999	3.64	3.26	23
7	A. FILT P - 01	Agua Filtrada - paja de trigo - envase 01	2810	1400	1420	0.13	0.999	364	3.12	23.4
8	A. FILT P - 02	Agua Filtrada - paja de trigo - envase 02	2820	1420	1460	0.14	1.000	362	3.14	23.4
9	A. FILT P - 03	Agua Filtrada - paja de trigo - envase 03	2820	1410	1440	0.13	1.000	364	3.12	23.2
10	A. FILT P - 04	Agua Filtrada - paja de trigo - envase 04	2810	1410	1430	0.13	1.000	362	3.14	23.2
11	A. FILT C.M - 01	Agua Filtrada - cascara de maíz - envase 01	2920	1950	1970	0.22	0.999	394	3.21	23
12	A. FILT C.M - 02	Agua Filtrada - cascara de maíz - envase 02	2930	1940	1960	0.20	0.999	392	3.21	23.2
13	A. FILT P.T - 01	Agua Filtrada - paja de trigo - envase 01	2820	1410	1420	0.13	0.999	364	3.12	23.4
14	A. FILT P.T - 02	Agua Filtrada - paja de trigo - envase 02	2810	1400	1440	0.13	0.999	362	3.14	23.4
15	AGUA POTABLE (utilizada para lavado de vehículos)		549	273	272	0.02	0.999	546	7.5	23.1

Resultados de las mediciones de los diferentes envases de muestras de pre al tratamiento y post al tratamiento con la biomasa biofuncionalizada

ANEXO 20
PROCESO PREPARADO PARA ENVIÓ DE MUESTRAS AL
LABORATORIO PARA SU POSTERIOR ANÁLISIS



Materiales para el envío a laboratorio las muestras de aguas (pre al tratamiento y post al tratamiento)



Muestras de aguas con sus respectivos envases con hielo para la conservación de sus parámetros a medir



Envío de muestras para su análisis respectivo

CADENA DE CUSTODIA										PRESERVACIÓN										N° 01	
COMPANIA/CLIENTE: Juan Diego Cáncro Encarnación UBICACIÓN OPERATIVA: Jaccau Bajo Calle sagitario s/n - la Esperanza - Huánuco DIRECCIÓN: Jaccau Bajo Calle sagitario s/n - la Esperanza - Huánuco PERSONA DE CONTACTO: Juan Diego TELÉFONO/E-mail: 986 419 561 / jdcaneja_12@hotmail.com CONTACTO/OTRA REF: Ing. Milton Morales / 943 230 901 INVIAR FACTURA A (CLIENTE TERCERO):										OTRO:											
RAZÓN SOCIAL: RUC: DOMICILIO: NOMBRE DEL PROYECTO: LUGAR DE MUESTRA: Huánuco (altura de Real plaza)										ANÁLISIS REQUERIDO Parámetros Laboratorio: Factores in Situ (3) DBO, CO, TDS, FOSFATOS, NITRITOS, NITRATOS, TURBIDIDAD, pH, Conductividad (µS/cm), Temperatura (°C), D.O. (mg/l)											
INDICAR CON UNA (X) LOS CUADROS INFERIORES SEGÚN LOS ANÁLISIS REQUERIDOS POR CADA MUESTRA																					
ITEM	CÓDIGO DE LABORATORIO (1)	PUNTO DE MUESTREO	FECHA	HORA	TIPO DE MUESTRA/MATRIZ (2)	COORDENADAS UTM (WGS 84) HUSO	ALTURA (metros)	N° Frasco	DBO	CO	TDS	FOSFATOS	NITRITOS	NITRATOS	TURBIDIDAD	pH	Conductividad (µS/cm)	Temperatura (°C)	D.O. (mg/l)		
1	A. RES L-01	18/07	09:00		AGUA RESIDUAL		1900		X								9.39	20.7			
2	A. RES L-02	18/07	09:10		AGUA RESIDUAL		1900		X	X	X	X	X	X			9.25	20.7			
3	A. FILT M-01	18/07	10:00		AGUA RESIDUAL/AGUAS DE PROCESO		1900		X	X	X	X	X	X			8.20	22			
4	A. FILT M-02	18/07	10:20		AGUA RESIDUAL/AGUAS DE PROCESO		1900		X	X	X	X	X	X			8.20	22			
5	A. FILT M-03	18/07	10:35		AGUA RESIDUAL/AGUAS DE PROCESO		1900		X	X	X	X	X	X			8.25	22			
6	A. FILT M-04	18/07	10:40		AGUA RESIDUAL/AGUAS DE PROCESO		1900		X	X	X	X	X	X			8.25	22			
7	A. FILT P-01	18/07	11:00		AGUA RESIDUAL/AGUAS DE PROCESO		1900		X	X	X	X	X	X			8.1	21			
UBICACIÓN:										PRESERVACIÓN										N° 02	
COMPANIA/CLIENTE: Juan Diego Cáncro Encarnación										OTRO:											

Cadena de custodia de las muestras (pre y post tratamiento)

ANEXO 21 RESULTADOS



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Facultad de Agronomía – Laboratorio de Análisis de Suelos, Aguas y Ecotoxicología
 Carretera Central Km 1.21 – Tingo Maria – WhatsApp 943533359
analisisdesuelosunas@hotmail.com



ANALISIS ESPECIAL

SOLICITANTE:		MILTON E. MORALES AQUINO					PROCEDENCIA				HUANUCO		
DATOS		OD	pH	COND.	RESIST.	STD	SALIN.	AyG	DBO	DQO	FOSFATOS	NITRATOS	NITRITOS
CODIGO DEL LAB	MUESTRA	mg/L	Unid.	mS/cm	K.cm	mg/L	ppt	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
ARES-L02	AGUA	0.9	8.31	9.48	0.105	4740	0.9	44	31	64.16	2.19	5.21	0.87
AFILT-P01	AGUA	2.8	6.06	7.54	0.133	3770	0	16	8.14	16.33	0.092	1.02	0.21
AFILT-P02	AGUA	3.44	6.13	7.72	0.13	3860	0	17	11.16	47.11	0.074	0.97	0.09
AFILT-P03	AGUA	2.92	6.47	7.95	0.106	3980	0	14	7.03	16.18	0.056	1.16	0.11
AFILT-P04	AGUA	2.84	6.36	7.91	0.126	3960	0	11	5.01	15.21	0.071	2.33	0.16
AFILT-M01	AGUA	3.32	5.57	9.72	0.103	4860	1	21	16.21	18.22	0.042	1	0.047
AFILT-M02	AGUA	0.9	8.31	9.57	0.104	4790	0.9	15	10.11	14.55	0.047	0.66	0.26
AFILT-M03	AGUA	3.18	5.7	9.66	0.104	4830	1	16	8	11.23	0.059	0.97	0.24
AFILT-M04	AGUA	3.31	4.98	12.04	0.083	6020	2.7	9	6.03	13.26	0.074	0.14	0.26

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE
 TINGO MARIA, 12 DE AGOSTO DEL 2024



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
 Tingo Maria



Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI
 Jefe Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

INFORME DE ENSAYO N° 000094405

CLIENTE: JUAN DIEGO CÁNEPA ENCARNACIÓN DNI: 47071485
DOMICILIO LEGAL: (...)

REFERENCIA CLIENTE: AR-01
CÓDIGO: 000075289
MATRIZ: Agua Residual
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: Cotización N° 2024-0366
 Aproximadamente 5 L (Agua Residual). Muestreo realizado por
 GENATEB S.A.C.
 PROYECTO: PROYECTO DE TESIS UDH

DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA: PNTE-LTMO-03. Rev.03 Aguas residuales
CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS: Despejado
DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO: LAVADEROS DE VEHÍCULOS
FECHA DE TOMA: 17/09/2024 13:20:00 p.m.
FECHA DE RECEPCIÓN: 18/09/2024
FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS: 18/09/2024 - 23/09/2024

PARÁMETRO	METODOLOGÍA	UNIDAD	VALOR	L.D.
Hidrocarburos tot. de petróleo F1 (C5-C10)	EPA 8015 C, Rev 3, Nonhalogenated Organics by Gas Chromatography, 2007/EPA 3540	mg L ⁻¹ PS	38.31	-
Detergentes	SMEVV-APHA-AWWA-WEF Part 5540 C, 23rd Ed. 2017	mg MBAS/L	4.1	0.023
Aluminio,	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 8200A Rev.1 January 1998	mg/l PS	0.8	0.008
Antimonio		mg/l PS	0.01	
Arsénico		mg/l PS	0.01	
Bario		mg/l PS	0.4	
Berilio		mg/l PS	0.01	
Boro		mg/l PS	0.2	
Cadmio,		mg/l PS	0.003	
Calcio,		mg/l PS	2	
Cerio		mg/l PS	-----	
Cromo,		mg/l PS	0.05	
Cobalto,		mg/l PS	---	
Cobre,		mg/l PS	---	
Hierro,		mg/l PS	0.2	
Plomo,		mg/l PS	---	
Litio		mg/l PS	---	
Magnesio,		mg/l PS	0.02	
Mercurio,		mg/l PS	0.001	
Molibdeno		mg/l PS	0.04	

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL - DA

NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de GENATEB S.A.C. Sucursal del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce LABORATORIO GENATEB S.A.C. Urb. Parque Industrial Callao. C/ Delta, 268. Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: proyectos@genateb.com.

MC2301-1

1/2

CLIENTE: JUAN DIEGO CÁNEPA ENCARNACIÓN DNI: 47071485
 DOMICILIO LEGAL: (...)

REFERENCIA CLIENTE: AR-02
 CÓDIGO: 000075289
 MATRIZ: Agua Residual
 Cotización N° 2024-0366
 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: Aproximadamente 5 L (Agua Residual). Muestreo realizado por GENATEB S.A.C.
 PROYECTO: PROYECTO DE TESIS UDH

DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA: PNTE-LTMO-03. Rev.03 Aguas residuales
 CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS: Despejado
 DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO: LAVADEROS DE VEHÍCULOS
 FECHA DE TOMA: 17/09/2024 13:20:00 p.m.
 FECHA DE RECEPCIÓN: 18/09/2024
 FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS: 18/09/20224- 23/09/2024

PARÁMETRO	METODOLOGÍA	UNIDAD	VALOR	L.D.
Hidrocarburos tot. de petróleo F1 (C5-C10)	EPA 8015 C, Rev 3. Nonhalogenated Organics by Gas Chromatography. 2007/EPA 3540	mg L ⁻¹ PS	12.2	-
Detergentes	SMEVW-APHA-AVW/A-VEF Part 5540 C, 23rd Ed. 2017	mg MBAS/L	1.9	0.023
Aluminio,	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1 January 1998	mg/l PS	0.2	0.008
Antimonio		mg/l PS	----	
Arsénico		mg/l PS	----	
Bario		mg/l PS	----	
Berilio		mg/l PS	0.01	
Boro		mg/l PS	0.08	
Cadmio,		mg/l PS	0.001	
Calcio,		mg/l PS	----	
Cerio		mg/l PS	----	
Cromo,		mg/l PS	----	
Cobalto,		mg/l PS	----	
Cobre,		mg/l PS	----	
Hierro,		mg/l PS	0.9	
Plomo,		mg/l PS	----	
Litio		mg/l PS	----	
Magnesio,		mg/l PS	0.01	
Mercurio,		mg/l PS	----	
Molibdeno		mg/l PS	0.02	

INFORME DE ENSAYO N° 000094405

CLIENTE:

DOMICILIO LEGAL:

REFERENCIA CLIENTE:

CÓDIGO:

MATRIZ:

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:

JUAN DIEGO CÁNEPA ENCARNACIÓN DNI: 47071485

(...)

AR-03

000075289

Agua Residual

Cotización N° 2024-0366

Aproximadamente 5 L (Agua Residual). Muestreo realizado por GENATEB S.A.C.

PROYECTO: PROYECTO DE TESIS UDH

DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:

CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:

DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:

FECHA DE TOMA:

FECHA DE RECEPCIÓN:

FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:

PINTE-LTMO-03. Rev.03 Aguas residuales

Despejado

LAVADEROS DE VEHICULOS

17/09/2024 13:20:00 p.m.

18/09/2024

18/09/2024- 23/09/2024

PARÁMETRO	METODOLOGÍA	UNIDAD	VALOR	L.D.
Hidrocarburos tot. De petróleo F1 (C5-C10)	EPA 8015 C, Rev 3. Nonhalogenated Organics by Gas Chromatography, 2007/EPA 3540	mg L-1PS	13.5	-
Detergentes	SMEV-V-APHA-AV/VA-VEF Part 5540 C, 23rd Ed. 2017	mg MBAS/L	2.1	0.023
Aluminio,	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1 January 1998	mg/l PS	0.4	0.008
Antimonio		mg/l PS	-----	
Arsénico		mg/l PS	-----	
Bario		mg/l PS	-----	
Berilio		mg/l PS	-----	
Boro		mg/l PS	0.07	
Cadmio,		mg/l PS	0.001	
Calcio,		mg/l PS	----	
Cerio		mg/l PS	----	
Cromo,		mg/l PS	0.01	
Cobalto,		mg/l PS	----	
Cobre,		mg/l PS	----	
Hierro,		mg/l PS	0.1	
Plomo,		mg/l PS	----	
Litio		mg/l PS	----	
Magnesio,		mg/l PS	0.01	
Mercurio,		mg/l PS	----	
Molibdeno		mg/l PS	0.02	

INFORME DE ENSAYO N° 000094405

CLIENTE: JUAN DIEGO CÁNEPA ENCARNACIÓN DNI: 47071485
 DOMICILIO LEGAL: (...)

REFERENCIA CLIENTE: ARD-01
 CÓDIGO: 000075289
 MATRIZ: Agua Residual
 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: Cotización N° 2024-0366
 Aproximadamente 5 L (Agua Residual). Muestreo realizado por
 GENATEB S.A.C.
 PROYECTO: PROYECTO DE TESIS UDH

DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA: PNTE-LTMO-03. Rev.03 Aguas residuales
 CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS: Despejado
 DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO: LAVADEROS DE VEHÍCULOS
 FECHA DE TOMA: 17/09/2024 13:20:00 p.m.
 FECHA DE RECEPCIÓN: 18/09/2024
 FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS: 18/09/2024 - 23/09/2024

PARÁMETRO	METODOLOGÍA	UNIDAD	VALOR	L.D.
Hidrocarburos tot. de petróleo F1 (C5-C10)	EPA 8015 C, Rev 3, Nonhalogenated Organics by Gas Chromatography, 2007/EPA 3540	mg L ⁻¹ PS	38.31	-
Detergentes	SMEVV-APHA-AWWA-WEF Part 5540 C, 23rd Ed. 2017	mg MBAS/L	4.1	0.023
Aluminio,	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1 January 1998	mg/l PS	0.8	0.008
Antimonio		mg/l PS	0.01	
Arsénico		mg/l PS	0.01	
Bario		mg/l PS	0.4	
Berilio		mg/l PS	0.01	
Boro		mg/l PS	0.2	
Cadmio,		mg/l PS	0.003	
Calcio,		mg/l PS	2	
Cerio		mg/l PS	-----	
Cromo,		mg/l PS	0.05	
Cobalto,		mg/l PS	---	
Cobre,		mg/l PS	---	
Hierro,		mg/l PS	0.2	
Plomo,		mg/l PS	---	
Litio		mg/l PS	---	
Magnesio,		mg/l PS	0.02	
Mercurio,		mg/l PS	0.001	
Molibdeno		mg/l PS	0.04	

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL - DA

NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de GENATEB S.A.C. Sucursal del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce LABORATORIO GENATEB S.A.C. Urb. Parque Industrial Callao. C/ Delta, 268. Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: proyectos@genateb.com.

MC2301-1

1/2

INFORME DE ENSAYO N° 000094405

CLIENTE: JUAN DIEGO CÁNEPA ENCARNACIÓN DNI: 47071485
 (...)

DOMICILIO LEGAL:

REFERENCIA CLIENTE: ARD-02

CÓDIGO: 000075289

MATRIZ: Agua Residual

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: Colización N° 2024-0366
 Aproximadamente 5 L (Agua Residual). Muestreo realizado por
 GENATEB S.A.C.
 PROYECTO: PROYECTO DE TESIS UDH

DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA: PINTA-LTMO-03. Rev.03 Aguas residuales

CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS: Despejado

DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO: LAVADEROS DE VEHÍCULOS

FECHA DE TOMA: 17/09/2024 13:20:00 p.m.

FECHA DE RECEPCIÓN: 18/09/2024

FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS: 18/09/2024- 23/09/2024

PARÁMETRO	METODOLOGÍA	UNIDAD	VALOR	L.D.
Hidrocarburos tot. de petróleo F1 (C5-C10)	EPA 8015 C, Rev 3. Nonhalogenated Organics by Gas Chromatography, 2007/EPA 3540	mg L ⁻¹ PS	11.61	-
Detergentes	SMEV-V-APHA-A/VVA-V/EF Part 5540 C, 23rd Ed. 2017	mg MBAS/L	2.1	0.023
Aluminio,	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	mg/l PS	0.5	0.008
Antimonio		mg/l PS	----	
Arsénico		mg/l PS	----	
Bario		mg/l PS	0.02	
Berilio		mg/l PS	0.01	
Boro		mg/l PS	0.09	
Cadmio,		mg/l PS	0.001	
Calcio,		mg/l PS	----	
Cerio		mg/l PS	----	
Cromo,		mg/l PS	0.02	
Cobalto,		mg/l PS	----	
Cobre,		mg/l PS	----	
Hierro,		mg/l PS	0.1	
Plomo,		mg/l PS	----	
Litio		mg/l PS	----	
Magnesio,		mg/l PS	0.01	
Mercurio,		mg/l PS	0.001	
Molibdeno		mg/l PS	0.04	

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL - DA

NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de GENATEB S.A.C. Sucursal del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce LABORATORIO GENATEB S.A.C. Urb. Parque Industrial Callao. C/ Delta, 269. Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: proyectos@genateb.com.

MC2301-1

1/2

INFORME DE ENSAYO N° 000094405

CLIENTE:	JUAN DIEGO CÁNEPA ENCARNACIÓN DNI: 47071485
DOMICILIO LEGAL:	(...)
REFERENCIA CLIENTE:	ARD-03
CÓDIGO:	000075289
MATRIZ:	Agua Residual
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	Cotización N° 2024-0366
	Aproximadamente 5 L (Agua Residual). Muestreo realizado por GENATEB S.A.C.
	PROYECTO: PROYECTO DE TESIS UDH
DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:	PINTE-LTMO-03. Rev.03 Aguas residuales
CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:	Despejado
DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:	LAVADEROS DE VEHICULOS
FECHA DE TOMA:	17/09/2024 13:20:00 p.m.
FECHA DE RECEPCIÓN:	18/09/2024
FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:	18/09/2024- 23/09/2024

PARÁMETRO	METODOLOGÍA	UNIDAD	VALOR	L.D.
Hidrocarburos tot. De petróleo F1 (C5-C10)	EPA 8015 C, Rev 3. Nonhalogenated Organics by Gas Chromatography, 2007/EPA 3540	mg L-1PS	13.5	-
Detergentes	SMEV/V-APHA-A/VVA-VEF Part 5540 C, 23rd Ed. 2017	mg MBAS/L	0.9	0.023
Aluminio,	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1 January 1998	mg/l PS	0.6	0.008
Antimonio		mg/l PS	-----	
Arsénico		mg/l PS	-----	
Bario		mg/l PS	0.2	
Berilio		mg/l PS	-----	
Boro		mg/l PS	0.09	
Cadmio,		mg/l PS	0.001	
Calcio,		mg/l PS	-----	
Cerio		mg/l PS	-----	
Cromo,		mg/l PS	0.01	
Cobalto,		mg/l PS	-----	
Cobre,		mg/l PS	-----	
Hierro,		mg/l PS	0.1	
Plomo,		mg/l PS	-----	
Litio		mg/l PS	-----	
Magnesio,		mg/l PS	0.01	
Mercurio,		mg/l PS	0.001	
Molibdeno		mg/l PS	0.02	

Huánuco, 23 de Setiembre de 2024






Fdo. Jorge Alberto Neyra Ariza
Jefe de Laboratorio de Microbiología
CBP N° 8303



Fdo. Vanessa León Legua
Jefe de Laboratorio General y Espectroscopia
CQP N° 927

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL - DA

NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de GENATEB S.A.C. Sucursal del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perechibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendarios después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce LABORATORIO GENATEB S.A.C. Urb. Parque Industrial Callao. C/ Delta, 269. Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: proyectos@genateb.com.