

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA AMBIENTAL



TESIS

**“Efecto de la Biorremediación con Hongos de Pudrición Blanca
(*Pleurotus Ostreatus*), en aguas coloreadas similar a la textil a nivel
de laboratorio”**

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

AUTORA: Saenz Cabello, Karolay Yesenia

ASESORA: Valdivia Martel, Perfecta Sofía

HUÁNUCO – PERÚ

2025

U

D

H



UDH
UNIVERSIDAD DE HUANUCO
<http://www.udh.edu.pe>

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

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

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Biotecnología y Nanotecnología

AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería Tecnología

Sub área: Biotecnología ambiental

Disciplina: Biorremediación, Biotecnologías de diagnóstico

DATOS DEL PROGRAMA:

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

Código del Programa: P09

Tipo de Financiamiento:

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

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 73612291

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 43616954

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

Código ORCID: 0000-0002-7194-3714

DATOS DE LOS JURADOS:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Tarazona Mirabal, Herman Atilio	Magíster en salud pública y gestión sanitaria gestión y planeamiento educativo	22411008	0000-0001-5319-4708
2	Cámara Llanos, Frank Erick	Maestro en ciencias de la salud con mención en: salud pública y docencia universitaria	44287920	0000-0001-9180-7405
3	Vásquez Baca, Yasser	Título oficial de máster universitario en planificación territorial y gestión ambiental	42108318	0000-0002-7136-697x

**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 30 del mes de setiembre 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. Frank Erick Camara Llanos (Secretario)
- Mg. Yasser Vasquez Baca (Vocal)

Nombrados mediante la **Resolución N° 1914-2025-D-FI-UDH** para evaluar la Tesis intitulada: **"EFECTO DE LA BIORREMEDIACION CON HONGOS DE PUDRICIÓN BLANCA (*Pleurotus ostreatus*), EN AGUAS COLOREADAS SIMILAR A LA TEXTIL A NIVEL DE LABORATORIO"**, presentado por el (la) Bach. **SAENZ CABELLO, KAROLAY YESENIA** para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Ambiental.

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

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) APROBADA Por UNANIMIDAD con el calificativo cuantitativo de 16 y cualitativo de BUENO (Art. 47)

Siendo las 18:20 horas del día 30 del mes de SEPTIEMBRE 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. Frank Erick Camara Llanos
DNI: 44287920
ORCID: 0000-0001-9180-7405
Secretario


Mg. Yasser Vasquez Baca
DNI: 42108318
ORCID: 0000-0002-7136-697X
Vocal



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: KAROLAY YESENIA SAENZ CABELLO, de la investigación titulada "EFECTO DE LA BIORREMEDIACIÓN CON HONGOS DE PUDRICIÓN BLANCA (PLEUROTUS OSTREATUS), EN AGUAS COLOREADAS SIMILAR A LA TEXTIL A NIVEL DE LABORATORIO", con asesor(a) GIANINA DANAE ROJAS BERRIOS, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 1449-2024-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA AMBIENTAL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 19 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

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

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

Huánuco, 03 de julio de 2025



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



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

247. SAENZ CABELLO, KAROLAY YESENIA.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

6%

2

tesis.ipn.mx

Fuente de Internet

2%

3

tesis.pucp.edu.pe

Fuente de Internet

2%

4

dspace.esPOCH.edu.ec

Fuente de Internet

2%

5

alicia.concytec.gob.pe

Fuente de Internet

1%



RICHARD J. SOLIS TOLEDO

D.N.I.: 47074047

cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA

D.N.I.: 71345687

cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres y hermano Bray Alaor Saenz Cabello, por su amor incondicional y sacrificio, quienes han sido mi mayor inspiración. A mi familia y amigos, por su apoyo constante y palabras de aliento en cada desafío. A mis profesores, por compartir su conocimiento y motivarme a seguir aprendiendo. Finalmente, me dedico este logro a mí misma, por la perseverancia y esfuerzo en este camino.

AGRADECIMIENTOS

Al culminar esta etapa académica, quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas aquellas personas que, de una u otra manera, contribuyeron a la realización de esta tesis y fueron parte fundamental en mi formación personal y profesional.

A Dios, por darme la fortaleza, la salud y la sabiduría para superar cada desafío en este camino.

A mis padres y hermano, quienes con amor, paciencia y sacrificio me han apoyado incondicionalmente en cada paso de mi vida. Su esfuerzo, dedicación y consejos han sido mi mayor fuente de inspiración. Gracias por enseñarme que el trabajo duro y la perseverancia son la clave para alcanzar cualquier meta.

A mis profesores y asesores, por compartir su conocimiento, por su guía y por motivarme a investigar y cuestionar más allá de lo evidente. Su orientación ha sido fundamental en mi crecimiento académico y en la culminación de este trabajo.

A mis amigos, aquellos que han estado a mi lado en este proceso, brindándome su apoyo, compañía y ánimo en los momentos de estrés y agotamiento. Gracias por las risas, por los consejos y por creer en mí cuando más lo necesitaba.

A todas las personas que, de alguna forma, contribuyeron a este logro, ya sea brindándome apoyo moral, material o intelectual. Su ayuda ha sido invaluable y quedará siempre en mi gratitud.

Finalmente, me agradezco a mí misma por no rendirme, por cada esfuerzo, cada desvelo y cada obstáculo superado. Este logro es el resultado de años de trabajo, sacrificio y dedicación, y es un recordatorio de que, con esfuerzo y determinación, todo es posible.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
ÍNDICE	IV
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN.....	IX
ABSTRACT.....	X
INTRODUCCIÓN.....	XI
CAPÍTULO I.....	12
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	12
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	12
1.2 FORMULACIÓN DE PROBLEMA	14
1.2.1 PROBLEMA GENERAL.....	14
1.2.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS	14
1.3 OBJETIVO GENERAL	15
1.4 OBJETIVO ESPECIFICOS	15
1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	15
1.6 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	16
1.7 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
CAPÍTULO II.....	17
MARCO TEÓRICO	17
2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	17
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	17
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES.....	19
2.1.3. ANTECEDENTES REGIONALES	21
2.2. BASES TEÓRICAS O MARCO CONCEPTUAL	22

2.2.1. IMPACTOS AMBIENTALES DE AGUAS RESIDUALES TEXTILES.....	22
2.2.2. PROCESO DE CULTIVO DE <i>P. OSTREATUS</i>	22
2.2.3. MARCO LEGAL DEL TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES	24
2.2.4. BIORREMEDIACIÓN.....	25
2.2.5. BIORREMEDIACIÓN IN SITU	26
2.2.6. HONGOS DE PUDRICIÓN BLANCA	29
2.2.7. HONGOS DE PUDRICIÓN BLANCA COMO BIODEGRADADORES	30
2.2.8. HONGOS DE PUDRICIÓN BLANCA COMO DECOLORANTES	31
2.2.9. <i>PLEROTUS OSTREATUS</i>	32
2.2.10. AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA TEXTIL.....	34
2.2.11. CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES TEXTILES.....	35
2.2.12. COLORANTES AZOICOS.....	36
2.2.13. EFECTO MUNDIAL	37
2.2.14. PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA.....	38
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES	38
2.4. HIPÓTESIS.....	39
2.5. VARIABLES.....	39
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	40
CAPÍTULO III.....	41
METODOLOGÍA	41
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	41
3.2. ENFOQUE	41
3.3. DISEÑO METODOLÓGICO	41

3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA	43
3.4.1. POBLACIÓN.....	43
3.4.2. MUESTRA	43
3.5. RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	44
3.5.1. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	44
3.5.2. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	46
CAPÍTULO IV	47
RESULTADOS	47
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS	47
4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS.....	51
CAPÍTULO V	53
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	53
CONCLUSIONES	55
RECOMENDACIONES.....	56
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
ANEXOS.....	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Taxonomía Del Pleurotus Ostreatus	32
Tabla 2 Valores promedio de los parámetros de las aguas residuales de un caso de aguas textiles	35
Tabla 3 Operacionalización de Variables.....	40
Tabla 4 Dosis y repeticiones a utilizar los Hongos de Pudrición Blanca	43
Tabla 5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	44
Tabla 6 Técnicas para el procesamiento y análisis de la información	46
Tabla 7 Mediciones del parámetro color en diferentes muestras, organizadas en tres tratamientos (T1, T2 Y T3).....	47
Tabla 8 Remoción del colorante rojo erylil con Hongos de Pudrición Blanca (Pleurotus ostreatus) en el primer tratamiento (30 gr de HPB Pleurotus ostreatus) en cuatro repeticiones en 20 días	48
Tabla 9 Remoción del colorante rojo erylil con Hongos de Pudrición Blanca (Pleurotus ostreatus) en el segundo tratamiento (50 gr de HPB Pleurotus ostreatus) en cuatro repeticiones en 20 días.	49
Tabla 10 Remoción del colorante rojo erylil con Hongos de Pudrición Blanca (Pleurotus ostreatus) en el tercer tratamiento (70 gr de HPB Pleurotus ostreatus) en cuatro repeticiones en 20 días	50
Tabla 11 Resultados en la decoloración entre los diferentes tratamientos después de la biorremediación (en porcentajes)	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Estructura del P. ostreatus.....	23
Figura 2 Proceso de producción del Pleurotus ostreatus.....	33
Figura 3 Gráfico de los porcentajes de remoción del colorante rojo erylónil en los tres tratamientos (T1, T2 Y T3) con 30, 50 y 70 gr de Hongos de Pudrición Blanca (HPB) Pleurotus ostreatus.	48
Figura 4 Gráfico de los porcentajes de remoción del colorante rojo erylónil en el tratamiento uno (T1) de 30 gr de HPB Pleurotus ostreatus con sus 4 repeticiones en 20 días.....	49
Figura 5 Gráfico de los porcentajes de remoción del colorante rojo erylónil en el tratamiento dos (T2) de 50 gr de HPB Pleurotus ostreatus con sus 4 repeticiones en 20 días.....	50
Figura 6 Gráfico de los porcentajes de remoción del colorante rojo erylónil en el tratamiento tres (T3) de 70 gr de HPB Pleurotus ostreatus con sus 4 repeticiones en 20 días.....	51

RESUMEN

Se ensayó el efecto de la Biorremediación con Hongos de Pudrición Blanca (*Pleurotus ostreatus*) en la decoloración de aguas contaminadas con Rojo Eryonil, un colorante ampliamente utilizado en la industria textil y conocido por su difícil degradación en el medio ambiente. El Hongo de Pudrición Blanca (*Pleurotus ostreatus*) tiene efecto de decoloración gracias a su gran capacidad enzimática para degradar lignina y compuestos similares, descomponiendo sus moléculas en más pequeñas e incoloras.

El ensayo se desarrolló a nivel de laboratorio y consistió en la aplicación de tres tratamientos con diferentes cantidades del Hongo de Pudrición Blanca (*Pleurotus ostreatus*), con el fin de analizar su capacidad de remoción de color en un periodo de 20 días. Para determinar la eficiencia del proceso, se midió la concentración del colorante en cada tratamiento utilizando el Método de comparación visual empleado por el laboratorio (Color: APHA AWWA WEF 2120 B 23rd Edition 2017). Los resultados demostraron una alta capacidad de remoción, con valores de 94.47%, 96.36% y 95.55%, dependiendo de la cantidad de Hongos de Pudrición Blanca (*Pleurotus ostreatus*) empleada en cada ensayo. Estas cifras indican que *Pleurotus ostreatus* es capaz de degradar eficazmente el Rojo Eryonil, reduciendo significativamente su concentración en el agua tratada. El análisis estadístico de los datos confirmó la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos aplicados. El valor de $p = 0.000$ permitió rechazar la hipótesis nula, lo que indica que la cantidad de *Pleurotus ostreatus* utilizada en cada tratamiento presentó diferencias en el porcentaje de remoción en el grado de decoloración obtenido. Estos hallazgos respaldan la hipótesis de que el Hongo de Pudrición Blanca tiene un efecto positivo en la degradación de colorantes textiles. Evidenciando el potencial del Hongo de Pudrición Blanca (*Pleurotus ostreatus*) como un agente biológico eficiente para el tratamiento de aguas residuales industriales contaminadas con colorantes azoicos.

Palabras claves: biorremediación, decoloración, nivel laboratorio, pudrición blanca, aguas coloreadas, rojo erionyl.

ABSTRACT

The effect of Bioremediation with White Rot Fungi (*Pleurotus ostreatus*) was tested on the decolorization of water contaminated with Eryonil Red, a dye widely used in the textile industry and known for its difficult degradation in the environment. The white rot fungus (*Pleurotus ostreatus*) has a bleaching effect thanks to its high enzymatic capacity to degrade lignin and similar compounds, breaking down its molecules into smaller, colorless molecules.

The laboratory trial consisted of three treatments with different amounts of the white rot fungus (*Pleurotus ostreatus*) to analyze its color removal capacity over a 20-day period. To determine the efficiency of the process, the concentration of the dye in each treatment was measured using the Visual Comparison Method employed by the laboratory (Color: APHA AWWA WEF 2120 B 23rd Edition 2017). The results demonstrated high removal capacity, with values of 94.47%, 96.36%, and 95.55%, depending on the amount of white rot fungus (*Pleurotus ostreatus*) used in each trial. These figures indicate that *Pleurotus ostreatus* is capable of effectively degrading Eryonil Red, significantly reducing its concentration in the treated water. Statistical analysis of the data confirmed the existence of significant differences between the applied treatments. The p-value = 0.000 allowed the rejection of the null hypothesis, indicating that the amount of *Pleurotus ostreatus* used in each treatment presented differences in the percentage removal and the degree of bleaching obtained. These findings support the hypothesis that the white rot fungus has a positive effect on the degradation of textile dyes. Demonstrating the potential of the white rot fungus (*Pleurotus ostreatus*) as an efficient biological agent for the treatment of industrial wastewater contaminated with azo dyes.

Keywords: bioremediation, decolorization, laboratory-level, white rot, colored water, erionyl red.

INTRODUCCIÓN

La contaminación del agua por colorantes sintéticos, especialmente aquellos utilizados en la industria textil como el Rojo Eryonil, representa un desafío ambiental significativo debido a su alta estabilidad y resistencia a la degradación.

En este contexto, la biorremediación mediante el uso de organismos capaces de descomponer compuestos complejos surge como una alternativa sostenible.

El presente estudio evaluó el efecto del Hongo de Pudrición Blanca *Pleurotus ostreatus* en la decoloración de aguas contaminadas con Rojo Eryonil, aprovechando su capacidad enzimática para degradar lignina y compuestos similares.

A través de ensayos realizados en laboratorio con tres tratamientos distintos, se analizó el efecto de diferentes concentraciones del hongo en un periodo de 20 días. Los resultados obtenidos mostraron altos porcentajes de remoción del colorante (94.47%, 96.36% y 95.55%), confirmando el potencial de *Pleurotus ostreatus* como un agente biorremediador eficaz.

El análisis estadístico respaldó la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos, consolidando la relevancia de la dosificación del hongo en el proceso. Estos hallazgos aportan evidencia del valor de este hongo como una herramienta biotecnológica prometedora para el tratamiento de aguas residuales industriales.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Las actividades industriales suelen producir una gran cantidad de contaminantes que terminan en el medio ambiente, sobre todo a través de aguas residuales, emisiones de gases y desechos sólidos. Cuando las aguas residuales de las fábricas no se tratan correctamente, pueden contaminar ríos y otras fuentes de agua. Muchas veces, estos líquidos contienen sustancias químicas muy tóxicas y difíciles de eliminar, como los colorantes sintéticos. Estos colorantes están hechos para resistir la descomposición, ya sea por procesos físicos, químicos o biológicos, lo que los hace especialmente problemáticos. Además, se ha comprobado que pueden ser peligrosos para la salud, ya que tienen un alto potencial para dañar células y material genético. (Osorio,2018)

Cuando se usan colorantes en la industria textil, solo entre el 60% y el 80% de ellos realmente se fija a las telas. Esto significa que una parte considerable de los colorantes termina en las aguas residuales. Esta situación provoca varios problemas ambientales: el agua contaminada necesita más oxígeno para descomponer los químicos (lo que se conoce como aumento de la DQO y la DBO), se eleva la cantidad de sales y la turbidez del agua, y además se reduce la cantidad de luz solar que puede penetrar en el agua. Todo esto no solo afecta la vida acuática, sino que también da al agua un aspecto poco agradable. (Zaruma, 2018)

Los colorantes son sustancias químicas creadas artificialmente que suelen tener un metal, como el cobre, en el centro de una estructura especial llamada anillo de ftalocianina. Estos colorantes se disuelven fácilmente en agua y son muy difíciles de descomponer, incluso en las plantas de tratamiento de aguas residuales convencionales, ya que no se eliminan bien durante el proceso de limpieza. Por eso, pueden seguir presentes en el agua incluso después de ser tratada. Además, la presencia de metales en su composición hace que estos colorantes puedan ser peligrosos para la salud, ya que pueden causar efectos tóxicos y mutaciones. (Ramírez, 2020)

Para eliminar el color de las aguas residuales, se suelen usar métodos químicos y físicos que son bastante efectivos y rápidos. Sin embargo, estos procesos suelen ser costosos de implementar. Además, aunque son comunes, también pueden traer algunos problemas, como la generación de lodos difíciles de manejar o la transformación de los colorantes en compuestos llamados aminas aromáticas, que pueden resultar incluso más tóxicos que los colorantes originales. (Osorio,2018)

Por otro lado, se han desarrollado varias estrategias tecnológicas para eliminar los colorantes que quedan en el agua y reducir su toxicidad. Los métodos biotecnológicos han demostrado ser muy prometedores, ya que son eficientes, respetuosos con el medio ambiente y suelen ser más económicos. De hecho, muchos estudios se han enfocado en mejorar y aplicar estas técnicas, considerándolas una alternativa atractiva frente a los tratamientos tradicionales, como los físicos y químicos. (Rovira, 2014)

Las tecnologías que utilizan hongos de pudrición blanca, conocidos también como hongos lignolíticos, y las enzimas que producen, son consideradas de las más efectivas para eliminar contaminantes. Hay muchos estudios que han demostrado que estos hongos pueden degradar colorantes de manera muy eficiente, logrando eliminar más del 80% del color en el agua tratada. (Cardona, 2009)

Gran parte importante de las investigaciones en el campo de la biorremediación tuvieron como foco principal las bacterias; no obstante, las funciones de los hongos tienen una extensa variedad, las cuales tienen componentes biológicos, así como también estos pueden llegar hasta componentes más básicos teniendo así aptitudes indispensables en la implementación en técnicas para la minimización de contaminantes presentes en el ambiente, aquella aptitud se establece básicamente en sus propiedades de su estructura enzimática así como también en su eficaz incremento posibilitándolos por medio del incremento de su micelio, colonizando diversas sustancias y entrar así hacia los componentes que conforman las contaminaciones comunes. (Rosales, 2004)

La gran importancia de que conlleva los tratamientos biológicos del recurso hídrico y suelos con un nivel alto de contaminación se fundamenta en lo que conocemos por mineralización de todos los contaminantes orgánicos,

es decir la función de los microorganismos de cambiar contaminantes orgánicos en carbono, agua y bioma. (Berger, 2002)

Lo que hace la biorremediación es que se puedan utilizar seres vivos oriundos del área contaminada, conocidos como nativos u autóctonos, así como también de otras áreas conocidas como exógenos, estos pueden desarrollarse en in situ o ex situ en condiciones aerobias en existencia de oxígeno o anaerobias que no cuentan con oxígeno. (Vloke & Velasco, 2002)

Dentro del grupo de los basidiomicetos se encuentran los hongos de pudrición blanca estos tienen una gran variedad y poseen cualidades que son aptas para la biodegradación de sustancias contaminantes, siendo así los principales seres vivos con la capacidad de degradar, así como también mineralizar la lignina y por su capacidad biodegradable estos serían utilizados para biodegradar materias orgánicas que se encuentran en el agua como contaminante, contribuyendo de esta forma a tener una buena calidad de aguas residuales que son vertidas a cuerpos de aguas que contemplan ecosistemas, flora y fauna acuática así como además son aprovechadas por la población. Rosales (2004).

En la actualidad tienen un gran potencial y altas perspectivas en el ámbito del uso de dichos hongos para la biorremediación, por este motivo este presente trabajo de investigación pretende ver el impacto de dichos hongos Pudrición Blanca en particular a la especie *Pleurotus ostreatus* sobre la calidad del agua teñida por colorantes textiles.

1.2 FORMULACIÓN DE PROBLEMA

1.2.1 PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es el efecto de biorremediación de diferentes dosis de Hongos de Pudrición Blanca (*Pleurotus ostreatus*) en aguas coloreadas con colorante azoico a nivel de laboratorio?

1.2.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS

¿Cuál es el grado de coloración de aguas coloreadas con rojo Erionyl a nivel de laboratorio, con 30 gramos de Hongos de Pudrición Blanca (*Pleurotus ostreatus*)?

¿Cuál es el grado de coloración de aguas coloreadas con rojo Erionyl a nivel de laboratorio, con 50 gramos de Hongos de Pudrición Blanca (*Pleurotus ostreatus*)?

¿Cuál es el grado de coloración de aguas coloreadas con rojo Erionyl a nivel de laboratorio, con 70 gramos de Hongos de Pudrición Blanca (*Pleurotus ostreatus*)?

1.3 OBJETIVO GENERAL

Demostrar el efecto de biorremediación de diferentes dosis de Hongos de Pudrición Blanca (*Pleurotus ostreatus*) en aguas coloreadas con colorante azoico a nivel de laboratorio.

1.4 OBJETIVO ESPECIFICOS

Demostrar el grado de coloración de aguas coloreadas con rojo Erionyl a nivel de laboratorio, con 30 gramos de Hongos de Pudrición Blanca (*Pleurotus ostreatus*).

Demostrar el grado de coloración de aguas coloreadas con rojo Erionyl a nivel de laboratorio, con 50 gramos de Hongos de Pudrición Blanca (*Pleurotus ostreatus*).

Demostrar el grado de coloración de aguas coloreadas con rojo Erionyl a nivel de laboratorio, con 70 gramos de Hongos de Pudrición Blanca (*Pleurotus ostreatus*).

1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación enseñó o dió a conocer el efecto de la biorremediación con Hongos de Pudrición Blanca (*Pleurotus ostreatus*) en aguas coloreadas similar a la textil a nivel de laboratorio, el cual es una opción natural que se podría utilizar. Esta clase de hongos tienen las propiedades más correctas para su trabajo en biorremediación por su capacidad de biodegradar ciertos contaminantes presentes en el agua los cuales afectan su calidad de este mismo.

El resultado de esta investigación ayudó a solucionar la problemática de la contaminación del recurso hídrico, en aguas coloreadas similar a la textil proveniente de ocupaciones antropogénicas de la industria textil, que vienen afectando de manera negativa el recurso hídrico, así como la salud ambiental y humana. Además, podría servir como insumo que permita estudios y

aplicaciones de las tecnologías de biorremediación en nuestro país y el mundo.

1.6 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Para realizar el presente trabajo de investigación se tuvo las siguientes limitaciones:

Los Hongos de Pudrición Blanca (*Pleurotus ostreatus*) requirieron condiciones óptimas de temperatura, pH, humedad y disponibilidad de oxígeno desde la siembra y crecimiento en el laboratorio de la UNAS así mismo en el transporte desde Tingo María hacia Huánuco donde llevé a cabo el ensayo para llegar a obtener la cantidad necesaria Hongos de Pudrición Blanca (*Pleurotus ostreatus*) empleada en esta investigación. Al ejecutar el ensayo también estas condiciones fueron difíciles de mantener en los tratamientos. Siendo esto una causal de que la pudrición sea de manera muy acelerada.

1.7 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación tuvo una factibilidad alta, necesariamente involucrando muchas consideraciones, siendo las más importantes:

Disponibilidad del recurso humano, como soporte para llevar a cabo los estudios de esta investigación, se contó con el asesoramiento profesional para el desarrollo de la investigación.

Disponibilidad de recursos económicos para llevar a cabo la investigación, el Tesista dispuso de los recursos económicos para solventar los gastos que ocasionó la investigación.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Moreno (2018) en su tesis “Evaluación del porcentaje de remoción del colorante negro Reactivo 5 en aguas residuales del curtido de pieles, utilizando dos hongos lignolíticos”. Colombia. Tuvo como propósito la evaluación del porcentaje de remoción del colorante negro Reactivo 5 de las aguas residuales del Laboratorio de curtación de pieles de la spoch, utilizando para ello dos hongos lignolíticos. La metodología que usó fue que primero se trató la fornida pigmentación de las sobras del colorante negro reactivo 5, el cual llega a la zona de descarga entrando así a eliminar todos los procedimientos fotosintéticos dentro de las vías del recurso hídrico; entonces al usar los hongos de pudrición blanca: *Pleurotus ostreatus* y *Aspergillus niger*, este tipo de categoría biológica de hongos tienen las cualidades de tener una gran facultad de remoción de pigmentaciones que se encuentran en el recurso hídrico. Para llevar a cabo esta investigación se realizó la siguiente metodología: primero se fijaron dos tratamientos con tres cantidades distintos: DCNR 5, que contenía primero *Pleurotus ostreatus* más agua residual, el segundo tuvo *Aspergillus niger* más agua residual y como tercero un control con agua residual sin inoculación de esporas; siendo así *Pleurotus ostreatus* retenido dentro de la luffa cilíndrica y *Aspergillus niger* en concentración de esporas; se inocularon en total, una solución de 3 por 16 esporas/ml, entonces hecho así cada procedimiento repetido por tres veces, haciendo un total de 27 números empíricos. Como resultados se tuvo que durante el tiempo de experimentación ha sido de 18 días en las cuales se pudo controlar las cantidades de CNR5 entre los 1, 9 y 18 días, al finalizar esta experimentación se prosiguieron a medir la demanda química de oxígeno de (DQO), la demanda biológica de oxígeno (DBO), sólidos totales (ST), sólidos suspendidos (SS) y oxígeno disuelto (OD), en los resultados de los tratamientos P6 se disminuyeron el colorante negro

reactivo 5 en un 90,93% y 88,45% igualmente, viéndose que P6 en ese tratamiento la reducción de la concentración de CNR 5 fue más grande. En conclusión, las utilizaciones de dichos hongos constituyen una elección posible para el tratamiento de aguas servidas del curtido de pieles y por último nos recomienda utilizar componentes de cultivos que contengan cantidades esenciales de lignina.

Duarte, Jiménez, Pineda & Mora (2018). En su artículo “Degradación de índigo carmín por hongos de pudrición blanca”, Ecuador. Tuvieron como objetivo explicar o describir adelantos científicos en la degeneración enzimática de índigo carmín por medio de hongos de pudrición blanca (HPD), así como también detectar las deficiencias de entendimiento que limitan su desarrollo tecnológico con la metodología con los resultados. Usó la metodología siguiente: Primero tuvo que tomar muestras de agua residual del efluente que contenía altas concentraciones de índigo carmín posteriormente haciendo uso de los hongos de pudrición blanca llevó a cabo esta experimentación para poder degradar este contaminante índigo carmín tuvo un seguimiento de 30 días lográndose así al 10º día tener un porcentaje menor que permitió degradar este contaminante. Concluyen con que se identificó que la primordial complicación tecnológica es el deficiente escalado del proceso los hongos de pudrición blanca son microorganismos que cuentan con un sistema enzimático inespecífico capaz de degradar compuestos de composición poli fenólica como los colorantes sintéticos, lo cual constituye una elección potencial que se lleva a cabo en los tratamientos de emisarios textiles con altos niveles de contaminación con índigo carmín; para el proceso de decoloración del denim, evitando de esta forma la utilización de químicos persistentes. Los estudios corroboran que las actividades enzimáticas de estos hongos de pudrición blanca sin embargo no solucionan el problema de contaminación de cuerpos de agua por índigo carmín pues se limitan a la escala de laboratorio ya que muchos investigadores no cuentan con la información necesaria que apoye que si realmente funciona y además el costo para llevar a cabo estas investigaciones son altas y esto implica solo una investigación menor.

Mendoza et al. (2020) en su artículo “Remoción de colorantes textiles aplicando hongos lignolíticos inmovilizados en turmalina”. México. En este estudio se investigó cómo eliminar el colorante textil Azul-F-Oro usando dos tipos de hongos lignolíticos: *Phanerochaete chrysosporium* y *Pycnoporus cinnabarinus*. Estos hongos son conocidos por sus potentes enzimas que descomponen compuestos orgánicos. Para mejorar la actividad de estas enzimas, se utilizó turmalina como soporte de inmovilización; este mineral contiene hierro y otros metales que ayudan a potenciar la función enzimática. La inmovilización de los hongos se hizo por separado, mezclando una suspensión de esporas con un caldo nutritivo que contenía la turmalina estéril, y luego se dejó incubar a temperatura ambiente durante cinco días. Después, los hongos inmovilizados se colocaron en frascos con 150 mL de una solución del colorante a 50 ppm y se dejaron en reposo durante 24 días. Para medir cuánto colorante se había eliminado, se usó un método espectrofotométrico que analiza la absorción de luz a 564 nm. Los resultados fueron muy positivos: *Phanerochaete chrysosporium* logró eliminar el 96.7% del colorante, mientras que *Pycnoporus cinnabarinus* alcanzó un impresionante 99.7% de remoción.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Vasquez (2019). Villa El Salvador. En su tesis titulada “Capacidad microrremediadora del hongo *Pleurotus ostreatus* en suelos contaminados por cadmio”. La minería, aunque es una actividad económica clave, genera serios problemas ambientales debido a la extracción continua de minerales que deja pasivos ambientales, afectando la estructura del suelo y los ecosistemas cercanos. Para recuperar suelos contaminados con metales como el cadmio, que vuelve el terreno infértil, se utiliza la biorremediación, una técnica que busca restaurar estas áreas dañadas. En este contexto, el hongo *Pleurotus ostreatus* ha demostrado ser una herramienta eficaz, ya que tiene una gran capacidad para absorber metales pesados, incluyendo el cadmio, y con un uso adecuado y en condiciones favorables, puede mejorar la calidad del suelo a largo plazo, ayudando así a mitigar el

impacto ambiental de la minería. El motivo de este trabajo nace del deseo de mejorar la calidad de los suelos peruanos, que están gravemente dañados y donde aún no se han tomado las medidas necesarias para su recuperación. Las pruebas realizadas muestran que es posible limpiar estos suelos contaminados con metales, logrando eliminar un buen porcentaje de las cantidades que realmente se encuentran en nuestro país. Sin embargo, en Perú aún no se han desarrollado métodos avanzados para aprovechar al máximo el potencial del hongo *Pleurotus ostreatus* en la reducción de metales pesados, y tampoco hay muchos estudios a gran escala enfocados en la biorremediación. Por eso, este trabajo busca dar el primer paso, utilizando el inóculo primario del hongo, para luego avanzar hacia aplicaciones más grandes con el cuerpo fructífero, con la esperanza de lograr un impacto más significativo en la restauración de los suelos.

Flores et al. (2022). Huancayo. En su tesis titulada “Remoción del azul de metileno de agua residual industrial textil mediante oxidación a nivel de laboratorio-Huancayo,2021”. En este estudio se analizó cómo afectan dos agentes oxidantes, el hipoclorito de sodio (NaClO) al 5% y el peróxido de hidrógeno (H_2O_2) al 30%, en la eliminación del colorante azul de metileno presente en aguas residuales de la industria textil. Para ello, se midió la absorbancia del agua y, usando una fórmula basada en una curva de calibración, se calculó la concentración del colorante. La curva se creó con cuatro muestras de azul de metileno en concentraciones de 4, 8, 10 y 14 ppm. Para preparar el agua residual, se hirvieron 10 litros de agua con 1 gramo de azul de metileno en polvo y un puñado de sal, luego se añadieron prendas de mezclilla (hasta 700 gramos), se mezcló bien y se dejó enfriar. Después se retiró la ropa y se separó el agua residual para el experimento. En el laboratorio, se dividieron 9 muestras de 0.8 litros cada una: una de control, cuatro tratadas con NaClO y cuatro con H_2O_2 . Dentro de cada grupo, dos muestras se expusieron a luz solar y dos se mantuvieron sin radiación. Se aplicaron diferentes dosis: 4.5 y 6.5 mL para NaClO , y 2.5 y 15 mL para H_2O_2 . Luego de añadir los oxidantes, se midió la absorbancia a los 2, 5, 10, 20, 30 y 60 minutos. Los resultados mostraron que el

hipoclorito de sodio ayudó significativamente a eliminar el azul de metileno, mientras que el peróxido de hidrógeno no tuvo un efecto positivo. La mejor eliminación se logró con 4.5 mL de NaClO bajo luz solar, alcanzando un 98.47% de remoción del colorante.

Lavado et al. (2020). Lima. En su artículo titulado “Biosorción del colorante azul de metileno usando los cladodios de la tuna (*Opuntia ficus indica*)”. La biosorción es una técnica muy efectiva para eliminar colorantes sintéticos de aguas contaminadas. En este estudio se utilizó la biomasa de los cladodios de la tuna (BCT) para remover el colorante azul de metileno, que es un colorante catiónico, de una solución acuosa. Para entender mejor las propiedades químicas y físicas de esta biomasa, se emplearon técnicas como FTIR, SEM y la medición del punto de carga cero (pH PZC). Se analizaron varios factores que afectan la biosorción, como el pH, el tiempo de contacto y la cantidad de biomasa por volumen de solución, trabajando en un sistema sin agitación. Los resultados mostraron que el proceso se ajusta al modelo de Langmuir, alcanzando una capacidad máxima de absorción de 156,25 mg de colorante por gramo de biomasa, usando una dosis de 4 g/L, un pH de 8 y un tiempo de contacto de 2 horas. Además, la cinética del proceso se describe bien con un modelo de pseudo-segundo orden, lo que indica que la biosorción está controlada por una interacción química (quimisorción), involucrando tanto la adhesión del colorante en la superficie de la biomasa como su difusión en los poros. En resumen, la biomasa de cladodios de tuna se presenta como un material natural, eficiente y biodegradable, ideal para eliminar el azul de metileno de aguas residuales.

2.1.3. ANTECEDENTES REGIONALES

No se encontraron antecedentes locales en los últimos cinco años referentes a la presente investigación.

2.2. BASES TEÓRICAS O MARCO CONCEPTUAL

2.2.1. IMPACTOS AMBIENTALES DE AGUAS RESIDUALES TEXTILES

La industria textil es, después del petróleo, una de las que más contamina el medio ambiente, aunque muchas veces no se le presta la atención que merece. Este sector es bastante complejo, ya que abarca desde la producción y el suministro de materias primas, la fabricación de telas, el diseño y confección de prendas, hasta su distribución, venta, uso y finalmente, su desecho. En 2015, la población mundial llegó a 7.400 millones de personas, y el consumo promedio de textiles por persona fue de 13,1 kg al año. La cantidad de agua necesaria para fabricar la ropa varía según el tipo de fibra y los colorantes utilizados; por ejemplo, un par de jeans de algodón teñidos con índigo requiere al menos 42 litros de agua para su teñido, lavado y acabado. Además, cuando usamos la ropa en casa, seguimos consumiendo agua, aproximadamente 21 litros cada vez que lavamos los jeans. Entre los principales impactos ambientales de la industria textil están el alto consumo de agua y la generación de aguas residuales muy contaminadas durante sus distintos procesos. En esta investigación se analizó esta problemática, enfocándose en el uso del agua y las distintas estrategias para reducir la contaminación, que incluyen desde disminuir el uso en la fuente, hasta la recuperación mediante reuso y reciclaje, el tratamiento centralizado de efluentes y la separación de ciertos procesos para tratarlos o reutilizarlos de forma individual. (Bráñez, 2019)

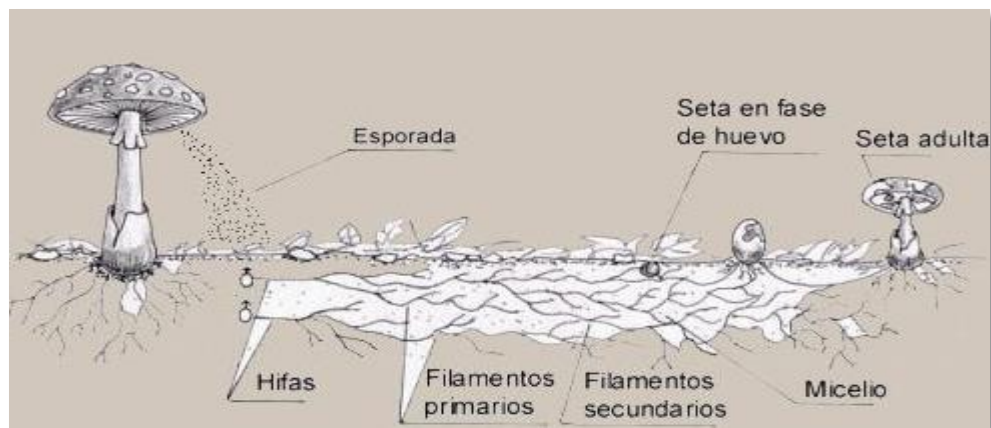
2.2.2. PROCESO DE CULTIVO DE *P. OSTREATUS*

La seta es la parte visible y comestible de un grupo de hongos llamados basidiomicetos, que forman parte del reino fungi. Desde su estructura, el hongo está formado por muchos filamentos multicelulares llamados hifas, que juntos crean una red llamada micelio. Este micelio suele crecer bajo tierra y, a veces, puede extenderse por grandes áreas. Los hongos pueden reproducirse de dos formas: asexual y sexual, y es en esta última cuando se forma el esporocarpo, que es

justamente la seta que conocemos. La seta solo aparece cuando se dan las condiciones adecuadas, como la humedad, la temperatura y la luz. Es en ese momento cuando este “fruto” sale a la superficie, despertando nuestro interés culinario por estos deliciosos y apreciados hongos. (Osorio, 2018)

Figura 1

Estructura del P. ostreatus



Nota. En la figura 1 se visualiza la estructura de *Pleurotus ostreatus*. (Ruíz, Cultivo de *Pleurotus ostreatus*)

Algunos hongos necesitan formar relaciones simbióticas para poder crecer correctamente. En micología, la asociación más común de este tipo se llama micorriza, que significa “hongo” y “raíz”. Esto quiere decir que el hongo depende de las raíces de un árbol específico para desarrollarse, lo que hace que su cultivo controlado sea bastante complicado. Recientemente, en Agromática se habló sobre uno de estos hongos, el níscalo (*Lactarius deliciosus*). Otro ejemplo famoso de este tipo de relación es el Boletus edulis, del cual hablaremos más adelante. Por otro lado, hay variedades de setas que no necesitan este tipo de asociaciones para crecer, como el *Pleurotus ostreatus*, el champiñón o el shiitake, y estas son las que comúnmente se cultivan de forma más sencilla. (Mendoza, 2019)

2.2.3. MARCO LEGAL DEL TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES

La normativa referente al tratamiento de aguas residuales industriales en el Perú es la siguiente:

- Ley de Recursos Hídricos - Ley 29338 (Publicada el 31 de marzo de 2009)
- Reglamento de la Ley Recursos Hídricos D.S. N° 001-2010-AG (Publicado el 24 de marzo)
- D.S. N° 002-2008-MINAM. Aprueban los Estándares de Calidad de Agua (ECA) para el Agua
- D.S. N°023-2009-MINAM. Aprueba las disposiciones para la implementación
- D.S. 003-2010-MINAM. Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes PTAR
- Resolución Jefatural N°274-2010-ANA-medidas para la implementación del Programa
- Resolución Jefatural N°202-2010-ANA-Aprueban clasificación de cuerpos de aguas
- Resolución Jefatural N°489-2010-ANA-Modifican el Anexo 1 de la R.J. N°202-2010-ANA
- Decreto Supremo N°007-2010-AG Declaran de Interés Nacional la protección de la calidad
- Decreto Supremo N°021-2009-VIVIENDA Valores Máximos Admisibles (VMA)
- Decreto Supremo N°003-2011-VIVIENDA, Reglamento del D.S. N°021-2009-VIVIENDA
- Resolución Jefatural N°182-2011-ANA. Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad
- Resolución de Consejo Directivo N°025-2011-SUNASS-CD. Aprueba metodología
- Decreto Supremo N° 010-2012-VIVIENDA. Modifica el D.S. N° 003-2011-VIVIENDA

- Reglamento Nacional de Edificaciones (Publicado el 8 de junio de 2006)
- Norma OS 090 Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales
- Decreto Supremo N°022-2009-VIVIENDA Modificación de la Norma OS. 090 (26.11.2009) (MINAN;2016)

2.2.4. BIORREMEDIACIÓN

La biorremediación viene a ser un procedimiento basado en la activación e implementación de transformaciones o actividades biológicas de seres bióticos como son los microorganismos, así como también la flora ya sea acuática o terrestre los cuales poseen la función de cambiar o deshacer definidos componentes con altos niveles de contaminación, logrando así su transformación de componentes dejándolos sin vida. Soares (2011).

De la misma manera biorremediación se define como una tecnología de biorestauración del entorno natural que principalmente son contaminados por xenobióticos, en la biorremediación se usa la aptitud transformadora de los sistemas biológicos de pequeño tamaño como las bacterias, hongos, levaduras y algas, pero también usando a la vez vegetales, oxígeno y nutrientes logrando así una aceleración de los procesos de biodegradación, una disminución natural. Nápoles & Ábalos (2008).

La gran importancia de que conlleva los tratamientos biológicos del recurso hídrico y suelos con un nivel alto de contaminación se fundamenta en lo que conocemos por mineralización de todos los contaminantes orgánicos, es decir la función de los microorganismos de cambiar contaminantes orgánicos en carbono, agua y bioma. Berger (2002).

Lo que hace la biorremediación es que se puedan utilizar seres vivos oriundos del área contaminada, conocidos como nativos u autóctonos, así como también de otras áreas conocidas como exógenos, estos pueden desarrollarse en in situ o ex situ en condiciones aerobias en existencia de oxígeno o anaerobias que no cuentan con oxígeno. Vloke & Velasco (2002).

Flores & Benítez (2015). La biorremediación tiene técnicas importantes ya que posibilitan la aceleración de la degradación natural, estos son: biorremediación in situ y ex situ. Convencionalmente en el campo que se encuentra la biorremediación siempre ha sido dominado por una perspectiva característica de investigaciones dentro de la ingeniería, con esta perspectiva se pone en la delantera una doctrina que se enfoca en las preocupaciones por resolver preguntas como por ejemplo los estudios de equilibrio de masa a la vez de objetivos sobrepuestos al empleo de reactores de depósitos agitados, además de otro tipo de estudios, que conllevan fundamentos ecológicos los que están sujetos a las técnicas biológicas de clasificación espontánea, aptitud y adaptación a los nichos ecológicos con particularidad y diversidad biológica; así como también de otra manera otros procedimientos son los causantes que los gérmenes disminuyan los contaminantes ya sea para usarlo para su propio beneficio alimenticio, todo esto conlleva que los microorganismos mínimamente pueda transformarlo en compuestos sin vida o minimizar su toxicidad por medio de un proceso de disminuir su toxicidad. Garbisu C., Amézaga I., & Alcorta I. (2002).

2.2.5. BIORREMEDIACIÓN IN SITU

La biorremediación in situ incluye la optimización biológica bioestimulación y bioventing, en la biorremediación fuera del lugar (ex situ) se piensa que a lo largo de la degradación y atenuación natural los elementos volátiles se evaporan velozmente dejando elementos alifáticos y aromáticos de cadena más extensa que se oxidan a dióxido de carbono por los microorganismos naturales; en cambio la bioaumentación involucra la suma controlada de microorganismos de procedencia natural y fomenta la biodegradación. Por otro lado, dependiendo del nivel de deficiencia estos se basan en activar microorganismos que degraden los contaminantes locales al añadir nutrientes y aceptores de electrones al ambiente contaminado; por su lado en bioventing o bioaireación, se suministra el aire para promover la actividad de los microorganismos existentes y degradar los contaminantes.

Flores Y Benítes (2015) La técnica de cultivo fuera del lugar (ex situ) es la tecnología más vieja se basa en intentar el recurso contaminado anteriormente recolectando y trasladando una gigantesca cantidad abierta protegiendo con impermeables y después voltearlo e airear para facilitar el desplazamiento de bacterias naturales, utilizando la técnica biopilas estos compuestos de diversos tamaños se airean y se activa pasivamente por su lado en el proceso de biorremediación se mezclan otros medios de cultivo para que así aporten para poder hacer una mejor circulación del aire y se necesita eliminarlo en condiciones de humedad y temperatura la degradación del oxígeno

De esta manera la biorremediación es un proceso que sabemos que usa las capacidades de transformación de gran parte de seres bióticos, logrando minimizar ciertos contaminantes, en la biosfera ya sea de tierra o agua, estos muestran su gran capacidad en la minimización de la contaminación ambiental. Por otro lado, la biorremediación está centralizada en el aprovechamiento genético y mutabilidad de asimilación característicos de los seres microscópicos logrando transformar altos niveles de contaminación y contaminantes en seres sin vida o minimizar su toxicidad reteniendo su posibilidad de formar parte de los ciclos biogeoquímicos naturales. Sin embargo, hay ciertos aspectos dejados de lado en la implementación de otras especies de seres vivos, ejemplificando a los hongos así como últimamente a las plantas (conocidos generalmente como fitorremediación, que es un campo enormemente prometedor). Garbisu C., Amézaga I., & Alcorta I. (2002).

Garbisu C., Amézaga I., & Alcorta I. (2002). En su investigación nos plantea que en los últimos tiempos el aumento de la propagación de contaminantes al ambiente es provocada primordialmente por resultados del progreso industrial, esta contaminación sobrepasó en magnitud en México, los procesos naturales de minimización y auto purificación de la biosfera que son los cuerpos receptores con este actuar de la mano del hombre ha llevado a una clara vista de contaminantes en los diversos hábitats que están llegando a niveles alarmantes, por esto es necesario minimizar en lo mayor posible la

contaminación excesiva. En la actualidad la existencia de realizar investigaciones en el campo de tratamientos biológicos se ha incrementado ya que estos ayudan a la rápida aceleración para la degradación y su actuación en la minimización de los contaminantes que se encuentran en la biosfera, de esta forma podremos disminuir de manera acelerada los efectos perjudiciales que generan sobre los seres vivos, plantas animales y los humanos.

Con el enfoque debemos combinar lo clásico perteneciente al ámbito de la ingeniería contando con un plan de manera natural que acepte a partir del principio de que el ambiente es multiverso que cuentan con ciertos principios que van a conducir a las poblaciones bacterianas naturales en su conducta y así lograr experimentare adelantos sensacionales en estas últimas décadas Así mismo en lo que respecta la biorremediación no tan solo sufriría un cambio sino que sería un drástico que paralelamente resultará benéfico ya que ayudar a tener un desarrollo de mayor intensidad en lo que es el razonamiento dentro del uso de estos seres en los tratamientos para lograr la minimización de niveles de contaminantes contaminaciones y llegando hacer aplicados con objetivos medio ambientales . Garbisu C., Amézaga I., & Alcorta I. (2002).

Digamos que en una cierta área infectado definido persiste ciertos aspectos correctos que ayudarán a lograr y darse un proceso de selección natural, tenemos la posibilidad de resguardar resultados bastante positivos respecto a la minimización o desaparición de ciertos contaminantes, con esto tendremos como resultado de la actividad descomponedora de los pequeños seres microscópicos. Así mismo cuando hay o existen estas aptitudes en el ambiente Es innegable la manera de actuación de estos microorganismos que van a degradar los contaminantes perjudiciales para los seres vivos. Garbisu C., Amézaga I., & Alcorta I. (2002).

Los fundamentos y principales principios ecológicos sugieren que deberíamos dejar en el pasado de a pocos los términos matemáticos de equilibrios de masa y concentrarnos en las nuevas tecnologías que favorecerán en ciertas poluciones cuando sobrepasen o nada que ver

los parámetros que garanticen que las aptitudes del medio ambiente importantes beneficien el procedimiento, dejando de nuevo que la misma naturaleza Restaura todos los males generados por la mano humana o las acciones antropogénicas. Garbisu C., Amézaga I., & Alcorta I. (2002).

2.2.6. HONGOS DE PUDRICIÓN BLANCA

Esta nominación Hongos de Pudrición Blanca proviene gracias a su aptitud de mineralización de la lignina y sus derivados, Estos le proporcionan que la madera muestre una apariencia blanquecina, estos hongos tienen la capacidad y hacen una utilidad natural fundamental en la transformación de la lignina. Rosales (2010).

Este tipo de hongos es el más grande de todos los grupos de hongos que causan la pudrición blanquecina en la madera, estos hongos forman parte del grupo de los basidiomicetos que comprenden en sus ejemplares centenares de ejemplares causando una podredumbre en árboles conocidos con los nombres de coníferas y latifoliadas a nivel mundial; además también estos hongos correspondientes al grupo de los Basidiomicetos, especialmente a las especies *aldina* y *Hpoxylon*, *ustulina* generan podredumbre blanca en especies arbóreas. Morales (2006).

En este gran grupo de seres vivos abarcan muchas especies ecofisiológicamente como los basidiomicetos que en la naturaleza son capaces de despolimerizar y mineralizar la lignina presente en la madera por acción de una o más enzimas extracelulares en procesos de absorción mínima en los misterios. Wesenberg (2003).

Estos hongos no solo son los principales responsables del daño que sufre la madera, sino que también son más numerosos que los hongos que causan la pudrición en el café. Además, pertenecen a dos grandes grupos: los basidiomicetos y los ascomicetos. Dávila y Vázquez (2021).

2.2.7. HONGOS DE PUDRICIÓN BLANCA COMO BIODERIVADOS

Dentro del grupo de microorganismos lignolíticos los Basidiomicetos de pudredumbre blanca, posiblemente son mayoritariamente estudiados, así como también los que mejor resultados han tenido en diversas investigaciones como biodegradadores de ciertos contaminantes que actualmente son una problemática para la vida en el planeta. Wesenberg (2003).

De todos los Hongos de Pudrición Blanca especialmente la especie Basidiomicetos estos únicamente tienen la aptitud de disminuir lignina totalmente a dióxido de carbono, así como en el agua bajo restricciones lignolíticas los hongos de pudredumbre blanca generan enzimas extracelulares y metabolitos complementarios que son, peroxidasas y oxidasas. Rosales (2010).

Morales (2006). En su investigación nos dice que, a lo largo de la acción que realizan los hongos de pudrición blanca en la exoneración de todos los elementos organizacionales de la madera, son factibles para diferenciar tres procedimientos:

Variación coincidente de las propiedades de la pared celular (holocelulosa y lignina).

Degradación de lignina.

Modificación primeramente de holocelulosa y más adelante de lignina.

Además, esta especie de hongo de pudrición blanca Basidiomiceto, tienen un gran potencial para eliminar xenobióticos con estructuras químicas similares a la lignina, tenemos a: aromáticos, nitro aromático, aromáticos policíclicos, abonos, pesticidas, desinfectantes, clorofenoles y tinturas. Rosales (2010).

Sin embargo, los hongos de pudrición blanca para poder hacer por completo la mineralización de la lignina, principalmente se van a combinar con otras transformaciones que necesitarán la existencia de otras enzimas que no tienen la capacidad de degradar la lignina por sí mismas. Méndez (2013).

2.2.8. HONGOS DE PUDRICIÓN BLANCA COMO DECOLORANTES

En los tratamientos que usan hongos, se aprovechan las enzimas lignolíticas que provienen de los hongos de pudrición blanca, también conocidos como hongos de pudrición suave o del café. Algunos de estos hongos, como *Phanerochaete chrysosporium*, *Geotrichum candidum*, *Trametes versicolor*, *Bjerkandera adusta*, *Pleurotus ostreatus*, *Pycnoporus cinnabarinus* y *Pyricularia oryzae*, tienen la capacidad de descomponer colorantes azo complejos, que son difíciles de eliminar con otros métodos. (Stolz, 2001). También se ha notado que las especies de *Trametes* y *Bjerkandera* son más efectivas para eliminar el color de diferentes tintes en comparación con *Phanerochaete chrysosporium*. (Chivukula y Renganathan, 1995; Heinfling et al., 1997; Rodríguez et al., 1999; Schliephake et al., 2000). Los HPB y algunas bacterias como *Streptomyces* (Cao et al., 1993; Paszczynski et al., 1992), producen enzimas como oxidasas, lignino peroxidasas, manganeso peroxidasas y lacasas, que actúan directamente sobre la estructura de los colorantes. Gracias a estas enzimas, pueden romper muchos tipos de enlaces diferentes, lo que les permite descomponer compuestos orgánicos muy complejos de manera efectiva. (Hammel et al., 1985).

La degradación de los compuestos azo suele llevarse a cabo en presencia de oxígeno, lo que permite descomponer por completo tanto los colorantes que quedan como los posibles productos secundarios que se puedan formar durante el proceso. (Paszczynski et al., 1992). Desde hace más de veinte años (Cambell, 1983) se ha estudiado la decoloración y biodegradación de colorantes sintéticos, provenientes de la industria textil, del licor negro de la pulpa Kraft de la industria papelera y vinícola (Rodríguez et al., 2003; Ollikka et al., 1993; Popp et al., 1990), así como la delignificación de fibras celulósicas utilizando hongos de pudrición blanca.

Los tratamientos fúngicos aerobios tienen la característica de combinar la decoloración y reducción de la toxicidad, por ser un proceso oxidativo (Cerniglia et al., 1982; Ramsay y Nguyen, 2002), siendo ésta una ventaja sobre otros tipos de técnicas.

Algunos hongos producen enzimas ligninolíticas que pueden usarse para eliminar el color de diferentes sustancias. Por ejemplo, en un estudio realizado por Ollikka y su equipo en 1993, se analizaron tres tipos de peroxidasas, que son enzimas extraídas de un sistema enzimático crudo. Cada una de estas enzimas se probó con varios compuestos difíciles de degradar, como colorantes heterocíclicos, azo y trifenil metano, y lograron eliminar entre un 20% y un 75% del color, dependiendo del tipo de tinte.

2.2.9. PLEROTUS OSTREATUS

Pleurotus ostreatus es una especie de hongo saprófito perteneciente al grupo de los hongos de pudrición blanca más estudiada debido a sus excepcionales propiedades lignolíticas, crecimiento rápido y fácil manejo bajo condiciones de campo. Su micelio es blanquecino, de crecimiento radial, tornándose rápidamente de textura de algodón y conforme envejece forma una alfombra de micelio firme y delgado. El micelio envejecido generalmente secreta gotas amarillo-naranja de un metabolito que es una toxina para nematodos, la cual requiere un mayor estudio (Stamets, P., 1993).

Tabla 1

Taxonomía del Pleurotus ostreatus

Reino	Fungi
División	Basidiomycota
Clase	Agaricomycetes
Orden	Agaricales
Familia	Pleurotaceae
Género	Pleurotus
Especie	P. ostreatus

En las setas del género *Pleurotus*, el tallo crece de forma lateral, lo que hace que su forma se parezca a una ostra o a una oreja. De hecho, el nombre *Pleurotus* viene del griego “pleura” o “pleurón”, que

significa “costado” o “lado”, y del latín “otus”, que quiere decir “oreja”, reflejando justamente esa característica forma tan particular. (Gaitán Hernandez, R, et al., 2006). Sin embargo, para fines de esta investigación el hongo se trabajará a nivel microbiológico (micelio) sin llegar al desarrollo de cuerpos fructíferos.

Figura 2

Proceso de producción del *Pleurotus ostreatus*



Nota. en la figura 2 se observa el proceso de reproducción del hongo de pudrición blanca *P. ostreatus*. (Ruíz, Cultivo de *Pleurotus ostreatus*)

A diferencia de otros hongos de pudrición blanca, *Pleurotus ostreatus* no produce la enzima lignina peroxidasa. Sin embargo, su capacidad para descomponer la lignina y los hidrocarburos aromáticos policíclicos se debe a la actividad de otras enzimas que posee, lo que le permite realizar esta importante función de manera efectiva Lacasa y Manganese Peroxidasa (Hatakka, 1990, Bezalel, L., Hadar, Y. & Cerniglia, C., 1996). *P. ostreatus* es efectivo contra una gran variedad de contaminantes tanto en medio líquido (Belzilel, Hadar & Cerniglia, C., 1996b) como en sistemas suelolignocelulosa (Lang, Geller & Zadrazil, 1997; Martens & Zadrazil, 1998).

Asimismo, muchos estudios han demostrado que *P. ostreatus* inoculado en paja es superior a *Phanaerochaete chrysosporium* y *Trametes versicolor* en su habilidad para colonizar suelos (Martens & Zadrazil, 1998; Novotny et al., 1999).

En otro estudio, la paja de trigo también fue usada satisfactoriamente como soporte para introducir *P. ostreatus* en bandejas con suelos no estériles contaminados con HAPs y metales pesados al mismo tiempo (Baldrian et al., 2000). *Pleurotus ostreatus*

produce lacasa, manganeso peroxidasa y alcohol veratril oxidasa, pero no lignino peroxidasa (Palmieri et al., 2005).

Las especies de hongos estudiadas que utilizan lacasa en la decoloración son *P. cinnabarinus* (Schliephake et al., 2000). *Pleurotus eryngii* (Camarero et al., 2004). La lacasa de *Pleurotus ostreatus* es capaz de oxidar pesticidas en presencia de 2,2-azino (3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonado) (Torres et al., 2003).

2.2.10. AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA TEXTIL

De los 200 mil millones de metros cúbicos de agua dulce que se usan en la industria en todo el mundo, aproximadamente 2.5 mil millones, es decir, alrededor del 1.25%, corresponden a la industria textil. Además, esta agua suele quedar muy contaminada después de los procesos de producción. (Aristizabal & Bermúdez, 2007).

Para fabricar una tonelada de productos textiles se utilizan aproximadamente 200 toneladas de agua, y de todos los productos químicos que se emplean en el proceso, cerca del 90% termina siendo desechado después de cumplir su función. Esto significa que gran parte del agua y los químicos usados en la industria textil se pierden y contribuyen a la contaminación ambiental.

Las aguas residuales de la industria textil no son siempre iguales; su composición cambia mucho dependiendo del tipo de proceso y la operación que se esté realizando en cada momento. Esto hace que su tratamiento sea un desafío, ya que no siempre tienen la misma contaminación.

Las industrias textiles generan una gran cantidad de agua residual, y lo complicado es que esta agua varía mucho en su composición debido a las diferentes actividades que realizan durante el proceso de producción. Por eso, sus efluentes son especialmente contaminantes tanto por el volumen como por la complejidad de los residuos que contienen.

Tabla 2

Valores promedio de los parámetros de las aguas residuales de un caso de aguas textiles

Parámetro	Valor	Unidades
pH	10	–
Conductividad	1380	μS/cm
Temperatura	20 – 40	°C
COT	620	mg/L
SST	160	mg/L
DQO	1650	mg/L
DBO ₅	460	mg/L
Color	2900	Unid. Hazen
Fósforo Total	1,5	mg/L
Nitrógeno Total	25	mg/L
Cloruros	1300	mg/L

Nota. En la tabla se visualiza los valores promedio de los parámetros de las aguas residuales de un caso de aguas textiles. Fabregas (2021)

2.2.11. CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES TEXTILES

Las aguas residuales conforman un fluido de las aguas que tienen la capacidad de disolverse suspenderse o existir en un estado intermedio llamado coloide estas sustancias tienen la posibilidad de ser de naturaleza mineral y orgánica referente a los que conforman parte imprescindible del abastecimiento de agua en lo respecta de los componentes orgánicos cuando los microorganismos relacionados con estas aguas se alimentan de sustancias orgánicas muertas atacando así estos compuestos orgánicos que se destruyen cuando se estabilizan parcialmente por una serie de descomposiciones impartiendo características indeseables y desprenden un olor desagradable y un aspecto ofensivo.

Las materias minerales u orgánicas en suspensión dentro de este tipo de aguas, que llevan consigo arenas, aceites, grasas de diversa naturaleza interfieren de gran magnitud en estos sistemas de PTAR ya sean en su recojo transportación de estas aguas que además no cuentan con sitios de descarga para su disposición final.

Los descomponedores de la materia orgánica son las bacterias, ellos hacen que originen diversos cambios en las propiedades del agua, en las aguas residuales se pueden encontrar sustancias biodegradables, así como compuestos nitrogenados como por ejemplo la urea, proteínas, aminos, ácidos, otros componentes no nitrogenados como las grasas y detergentes que son radicalmente complicadas de revertir su contaminante y estos lo podemos encontrar en la vida animal y vegetal acuática. Vargas (2006).

2.2.12. COLORANTES AZOICOS

Los colorantes azoicos son los más usados ya que son relativamente baratos, se fijan mejor que otros colorantes, son fáciles de aplicar y hay una gran variedad de colores disponibles (Vikrant et al., 2018). Debido a su naturaleza recalcitrante la degradación de estos colorantes es difícil (Espinoza et al., 2020), pero puede ocurrir tanto en ambientes anaerobios como en ambientes aerobios.

Se ha demostrado que es más difícil que se degraden en ambientes aerobios (Vikrant et al., 2018), esto es debido a la fuerte polaridad de los grupos azo que en algunos casos les protege de las oxigenasas (Plumb et al., 2001). Los colorantes azoicos no son peligrosos por sí mismos, pero tras un proceso de biotransformación bajo condiciones reductoras su degradación es muy peligrosa ya que puede ser precursora de aminos aromáticas altamente tóxicas que ponen en peligro tanto a los animales acuáticos como a los humanos. (Gaviria-Arroyave et al., 2018; Page & Püntener, 2012; Vikrant et al., 2018).

Solo algunos colorantes azoicos se degradan en aminos aromáticas carcinógenas (Marcano, 2018). Debido a esto algunos tipos de colorantes azoicos han sido prohibidos en la Unión Europea (Page & Püntener, 2012).

La contaminación por colorantes azoicos ha demostrado ser visible incluso a bajas concentraciones menores a 1 mg por litro (Plumb et al., 2001). El agua se ve coloreada y esto conlleva no solo un efecto estético sino también una perturbación en la correcta oxigenación del

agua lo que implica un desajuste en las cadenas tróficas (Gupta et al., 2015).

2.2.13. EFECTO MUNDIAL

La contaminación del agua afectando su calidad se muestra con más magnitud en las naciones industrializadas y con una explotación exhaustiva de la agricultura. Vargas (2006).

En los últimos tiempos más de mil millones de cantidades de aguas servidas son vertidas al agua del subsuelo así como también a los riachuelos, lagunas y océanos en todo el planeta, teniendo como consecuencias la contaminación con minerales tóxicos, desinfectantes, jabones, grasas, ácidos, elementos radiactivos, abonos, productos químicos en general, este tipo de contaminación química al ambiente es uno de los más relevantes que están causando inconvenientes mundiales más primordiales para la raza humana que debemos de revertir.

Este tipo de polución es declarado con más magnitud dentro de las naciones industrializadas y con un aprovechamiento intenso del cultivo, por ejemplo en China, en este caso este país ha visto por conveniente tener que considerar que más del 80 % de sus riachuelos están infectados de muchos contaminantes y que por el momento estos no están capacitados para ser consumidos como agua potable y menos para fregar, asear; en el otro caso que es Estados Unidos, nos dicen que dentro de los cinco ríos que le pertenecen dos de ellos, así mismo el riachuelo más extenso, permanecen tan contaminados que los dominios sanitarios tuvieron que aconsejar a los pobladores que no realicen sus aseos personales ni mucho menos capturar su alimentos de esos recursos hídricos. Rosales (2004).

En este periodo la esperanza qué nos queda es qué el agua pueda ser purificada con plantas de tratamientos para así lograr revertir a nivel mundial. La contaminación que en su totalidad que es responsabilidad de los procesos que realizan la población tenemos que tener una cultura qué haga prevalecer y continuar con el cuidado del recurso hídrico para así lograr que estos puedan ser vertidos de una

manera eficaz a los cuerpos de agua entonces lograremos contribuir con el ambiente. Vargas (2006).

2.2.14. PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA

COLOR

En las aguas residuales el color va a cambiar desde un tono de gris hasta llegar a un verde oscuro a pardo, pero también estos tienen la posibilidad de pasar a colores oscuros gracias a diversos procedimientos que realizan las bacterias anaeróbicas cuando se encuentran fuera de control en general el color se va a apreciar en el EPA para aguas residuales frecuentemente el agua residual suele tener colores grises pero esto al incrementarse en ciertas épocas cuando las redes de alcantarillado son transportados al cuerpo receptor el agua residual cambia gradualmente de colores llegando a un color oscuro y al final obtener un color negro una vez que llega al color negro el agua residual es Clasificada como séptica muchas de las aguas residuales las aguas residuales de la industria tienen la posibilidad de aumentar de un color gris a oscuro así como también las aguas residuales domésticas también llegan a oscuro o negro esto se debe a la transformación de ciertos elementos que son liberados en condiciones anaeróbicas con los metales en el curso del agua. Miranda (2010).

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

BIORREMEDIACIÓN

La biorremediación viene a ser un procedimiento basado en la activación e implementación de transformaciones o actividades biológicas de seres bióticos como son los microorganismos, así como también la flora ya sea acuática o terrestre los cuales poseen la función de cambiar o deshacer definidos componentes con altos niveles de contaminación, logrando así su transformación de componentes dejándolos sin vida. (Soares, 2011)

HONGOS

Los hongos necesitan oxígeno para vivir, pero tienen la ventaja de poder crecer incluso en ambientes con poca humedad. Además, soportan bien medios ácidos, aunque su pH ideal está entre 5 y 6. En cuanto al nitrógeno, requieren menos cantidad que las bacterias comunes, aproximadamente la

mitad. Gracias a esta capacidad de sobrevivir en condiciones de pH bajo y con poco nitrógeno, los hongos juegan un papel muy importante en el tratamiento biológico de muchas aguas residuales industriales. (Metcalf y Eddy, 2011)

HONGOS DE PUDRICIÓN BLANCA

Abarcan grupos diversos ecosistemas fisiológicamente como los basidiomicetos, que en la naturaleza son capaces de despolimerizar y mineralizar la lignina presente en la madera por acción de una o más enzimas extracelulares con procesos de absorción mínima en los micelios (Wesenberg, 2003)

PLEUROTUS OSTREATUS

Este hongo saprófito es una de las especies más estudiadas, gracias a su capacidad para descomponer la lignina, su rápido crecimiento y la facilidad para cultivarlo en campo. Su habilidad para degradar la lignina se debe principalmente a las enzimas lacasa y manganeso peroxidasa. Además, es muy efectivo para eliminar una gran variedad de contaminantes, ya sea en forma líquida o en suelos con materiales lignocelulósicos. (Sifuentes, 2014).

CALIDAD DEL AGUA

Este término se usa mayormente para especificar las condiciones químicas, físicas y biológicas de la calidad del agua, esto va a depender prioritariamente de su uso (Morales, 2006)

2.4. HIPÓTESIS

Existe diferencia en el porcentaje de Biorremediación con Hongos de Pudrición Blanca (*Pleurotus ostreatus*) por efecto de los tratamientos, en el grado de coloración en aguas coloreadas con colorante azoico a nivel de laboratorio.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE

Grado de coloración en aguas coloreadas con colorante azoico a nivel de laboratorio.

2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

Biorremediación

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Título: “EFECTO DE LA BIORREMEDIACIÓN CON HONGOS DE PUDRICIÓN BLANCA (*Pleurotus ostreatus*), EN AGUAS COLOREADAS SIMILAR A LA TEXTIL A NIVEL DE LABORATORIO”

Tesista: Saenz Cabello, Karolay Yesenia

Tabla 3

Operacionalización de Variables

VARIABLES	INDICADORES	VALOR FINAL	TIPO DE VARIABLE
VARIABLE INDEPENDIENTE: Biorremediación	Dosis de Hongos de Pudrición Blanca (<i>Pleurotus ostreatus</i>) considerando el tiempo.	Dosis de Hongos de Pudrición Blanca (<i>Pleurotus ostreatus</i>):	Numérica continua
		• 30 gr • 50 gr • 70 gr	
		Tiempo de acción: 20 días	
VARIABLE DEPENDIENTE: Grado de coloración en aguas coloreadas con colorante azoico a nivel de laboratorio.	Color	Unidad de Color (Uc)	Nominal multicotómica

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El presente estudio de investigación corresponde al grado aplicativo, ya que tiene como finalidad proporcionar una solución u optimización a un problema ambiental relevante, en este caso, la contaminación del agua residual. Según Supo (2020), los estudios de tipo aplicativo permiten desarrollar estrategias concretas que pueden ser implementadas en la realidad para mejorar una situación específica.

En este sentido, el estudio busca minimizar los niveles de contaminación presentes en el agua residual que es vertida de manera directa a los efluentes, los cuales representan un riesgo significativo para los ecosistemas acuáticos y la salud pública.

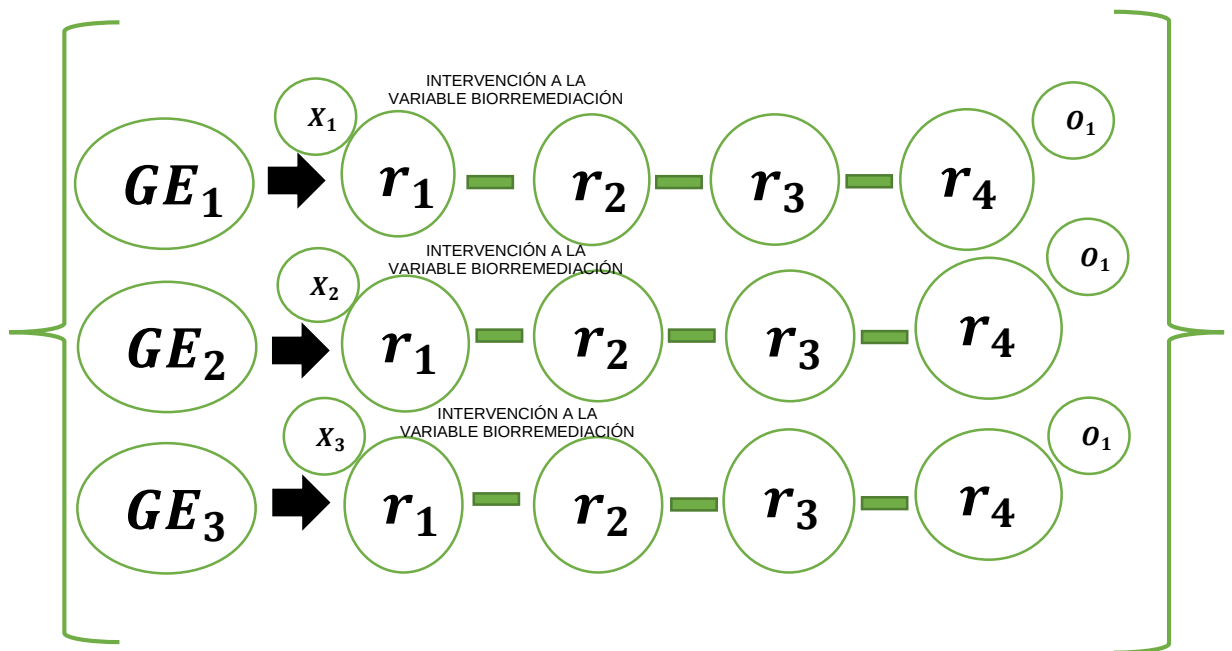
3.2. ENFOQUE

El presente estudio de investigación tiene un enfoque cuantitativo, ya que busca verificar la relación entre variables mediante la recopilación y análisis de datos numéricos. A través de este enfoque, se pretende medir con precisión los efectos de biorremediación sobre el grado de coloración en aguas residuales en la industria textil, utilizando métodos estadísticos para interpretar los resultados.

Este enfoque permite probar hipótesis de manera objetiva y replicable, minimizando la influencia del investigador en los resultados (Hernández Sampieri et al., 2014). Además, se utilizarán herramientas de medición estructuradas, como encuestas, pruebas experimentales o análisis de datos secundarios, con el fin de obtener conclusiones generalizables a la población de estudio.

3.3. DISEÑO METODOLÓGICO

La presente investigación presenta un esquema con un diseño experimental de un factor con 3 niveles, cuyo esquema se puede observar detalladamente a continuación:



Donde:

GE_1 : Grupo Experimental 1

r_1 : Repetición 1 x 4 veces

X_1 : INTERVENCIÓN a la variable Biorremediación con Hongos de Pudrición Blanca (*Pleurotus ostreatus*) CANTIDAD DE 30 gr.

σ_1 : Observación final (20 días)

GE_2 : Grupo Experimental 2

r_2 : Repetición 2 x 4 veces

X_2 : INTERVENCIÓN a la variable Biorremediación con Hongos de Pudrición Blanca (*Pleurotus ostreatus*) CANTIDAD DE 50 gr.

σ_1 : Observación final (20 días)

GE_3 : Grupo Experimental 3

r_3 : Repetición 3 x 4 veces

X_3 : INTERVENCIÓN a la variable Biorremediación con Hongos de Pudrición Blanca (*Pleurotus ostreatus*) CANTIDAD DE 70 gr.

σ_1 : Observación final (20 días)

En 6 litros de agua se agregará 150 ppm de colorante azoico (rojo Erionyl) se mezcla, se colorea, luego dividir en 12 muestras de ½ litro cada envase con diferentes cantidades de Hongos de Pudrición Blanca, siendo 4 repeticiones de cada grupo experimental.

Se medirá el color en un laboratorio acreditado antes y después de añadir los Hongos de Pudrición Blanca al cumplir los 20 días de estudio.

Tabla 4

Dosis y repeticiones a utilizar los hongos de pudrición blanca

CANTIDAD	l	R1	R2	R3	R4
REPETICIONES					
30 gramos		1/2L AC + HPB (30 gr)	1/2L AC + HPB (30 gr)	1/2L AC + HPB (30 gr)	1/2L AC + HPB (30 gr)
50 gramos		1/2L AC + HPB (50 gr)	1/2L AC + HPB (50 gr)	1/2L AC + HPB (50 gr)	1/2L AC + HPB (50 gr)
70 gramos		1/2L AC + HPB (70 gr)	1/2L AC + HPB (70 gr)	1/2L AC + HPB (70 gr)	1/2L AC + HPB (70 gr)

3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.4.1. POBLACIÓN

Esta investigación considera como población aguas que serán coloreadas con colorante azoico (rojo Erionyl) a nivel de laboratorio.

3.4.2. MUESTRA

Está conformada por 06 litros de agua destilada que serán coloreadas con el colorante azoico (rojo Erionyl), divididas en 12 envases de plástico con 1/2 litro cada uno de agua coloreada, la investigación será a nivel de laboratorio

Que luego serán llevadas para su análisis a un laboratorio acreditado, esto nos ayudará a saber el nivel de contaminación del agua con el colorante Rojo Erionyl antes y después de aplicar la

Biorremediación con Hongos de Pudrición Blanca (*Pleurotus ostreatus*).

3.5. RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

3.5.1. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Tabla 5

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

VARIABLES	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
30, 50 y 70 gr de Hongos de Pudrición Blanca (<i>Pleurotus ostreatus</i>) aplicada a la muestra de agua determinada por 1/2 L cada uno de las 12 muestras.	Observación	Balanza analítica.
Parámetros: Color	Observación	Espectrofotómetro

PROCEDIMIENTOS:

Obtención del Material biológico.

Los Hongos de Pudrición Blanca "*Pleurotus ostreatus*" serán cultivados en el Laboratorio de Micología y Tecnología de la Propagación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Obtención del micelio de hongos de pudrición blanca "*Pleurotus ostreatus*".

En placas de Petri con medio de cultivo Agar Malta, se inocularán con tejido vegetativo de basidiocarpos frescos de *P. ostreatus*, se incubarán a 25°C durante 7 días. Luego se prosigue a sembrar las cepas del HPB *Pleurotus ostreatus* en semillas de trigo y cebada de ¼ por bolsita, se incubarán a 25°C durante 20 días, al llegar este tiempo ya obtenemos las semillas del HPB *Pleurotus ostreatus*, el siguiente paso es llevar las semillas del HPB *Pleurotus ostreatus* a su crecimiento en tallos de maíz secos que llevarán un proceso de pasteurización de manera artesanal para así ser embolsados en bolsas de 3 a 5 kg, ya sembrado el HPB *Pleurotus ostreatus* el tiempo que demora en salir el

fruto del HPB *Pleurotus ostreatus* es de 15 a 20 días en las cuales va a depender mucho de la T°, H° y espacio acondicionado sin ninguna contaminación. Todo este procedimiento se llevará a cabo en el Laboratorio de la UNAS.

Obtención de la muestra de agua coloreada a nivel de laboratorio.

En seis litros de agua destilada esterilizada, se disolverá una concentración de 5000 ppm (5 gramos) del colorante azoico, asegurando una mezcla homogénea mediante agitación constante durante un tiempo determinado. Una vez preparada, la solución se transferirá a un frasco esterilizado, donde será almacenada a una temperatura de -4°C para evitar cualquier alteración química o microbiológica antes de su uso. Dicho frasco será rotulado como "MUESTRA 0 (T1-0)", identificándola como la muestra de referencia inicial para los análisis posteriores.

Posteriormente, la solución preparada será dividida en 12 muestras de 500 mL ($\frac{1}{2}$ litro) cada una, asegurando que todas mantengan la misma concentración del colorante azoico. Estas muestras serán utilizadas en las diferentes unidades de análisis, permitiendo evaluar el efecto de las variables experimentales sobre la decoloración del agua. Para garantizar la validez del estudio, cada muestra será manipulada bajo condiciones controladas, minimizando la contaminación y asegurando la reproducibilidad de los resultados.

Tratamiento con la biorremediación añadiendo los Hongos de pudrición blanca (*Pleurotus ostreatus*).

Serán 12 muestras de $\frac{1}{2}$ litro cada uno en jarras de plástico de 1 litro, 4 muestras tendrán la cantidad de 30 gr de Hongos de Pudrición Blanca (*Pleurotus ostreatus*) cada uno, 4 muestras tendrán la cantidad de 50 gr de Hongos de Pudrición Blanca (*Pleurotus ostreatus*) cada uno y 4 muestras tendrán la cantidad de 70 gr de Hongos de Pudrición Blanca (*Pleurotus ostreatus*) cada uno, teniendo como tiempo de 20 días de su evaluación y ser llevados a analizar a un laboratorio acreditado donde se verá su efecto de biorremediador en la remoción de las aguas coloreadas.

**Método de comparación visual empelado por el laboratorio
(Color: APHA AWWA WEF 2120 B 23rd Edition 2017)**

Para evaluar el color de la muestra, se llenó un tubo de Nessler hasta la marca de 50 ml con el líquido y se comparó con un estándar de referencia. Lo ideal fue mirar hacia abajo a través de los tubos, colocándolos sobre una superficie blanca o reflectante, y en un ángulo que permitiera que la luz se reflejara hacia arriba a través del líquido. Como el color de la muestra era muy intenso, superando las 70 unidades, se diluyó con agua destilada en proporciones conocidas hasta que el color estuviera dentro del rango permitido por el estándar. Para calcular las unidades de color se empleó la siguiente ecuación:

$$\text{Unidades de color} = \frac{A \times 50}{B}$$

Donde:

A= color estimado de una muestra diluida

B= ml tomados para la dilución

3.5.2. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Tabla 6

Técnicas para el procesamiento y análisis de la información

ETAPA	TÉCNICAS
Procesamiento	Recolección
	Ordenamiento y codificación de datos.
Procesamiento	Sistemas de datos generados de tablas y gráficos, MS Excel.
	Redacción científica.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

El presente capítulo expone los datos obtenidos en la investigación sobre el Efecto de la Biorremediación con Hongos de Pudrición Blanca (*Pleurotus ostreatus*) en la reducción del color en aguas coloreadas con colorante azoico (Rojo Eryonil). Se ha realizado un análisis de varianza (ANOVA) para determinar si existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, permitiendo así validar la hipótesis planteada. Los datos analizados provienen de mediciones del parámetro Color en diferentes muestras, organizadas en Tres Tratamientos (T1, T2 y T3) cada tratamiento con 4 repeticiones, con un total de 12 observaciones después de la biorremediación y un grupo inicial (T1-0) antes del tratamiento. A continuación, se presenta la estructura de la base de datos utilizada para el análisis:

Tabla 7

Mediciones del parámetro Color en diferentes muestras, organizadas en tres tratamientos (T1, T2 y T3)

ID	Código de Laboratorio	Código Cliente	Valor (uC)	Límite de Detección (uC)	Tratamiento
1	0007-1	T1-0	83609	5	Antes
2	0007-2	T1-1	1436	5	T1
3	0007-3	T1-2	5233	5	T1
4	0007-4	T1-3	6895	5	T1
5	0007-5	T1-4	4927	5	T1
6	0007-6	T2-1	1455	5	T2
7	0007-7	T2-2	4203	5	T2
8	0007-8	T2-3	4373	5	T2
9	0007-9	T2-4	2114	5	T2
10	0007-10	T2-5	6776	5	T3
11	0007-11	T3-1	1402	5	T3
12	0007-12	T3-2	5324	5	T3
13	0007-13	T3-3	1396	5	T3

Fuente. Laboratorio LABECO Análisis Ambientales S.C.R.L.

Figura 3

Gráfico de los porcentajes de Remoción del colorante Rojo Eryonil en los tres Tratamientos (T1, T2 y T3) con 30, 50 y 70 gr de Hongos de Pudrición Blanca (HPB) *Pleurotus ostreatus*.

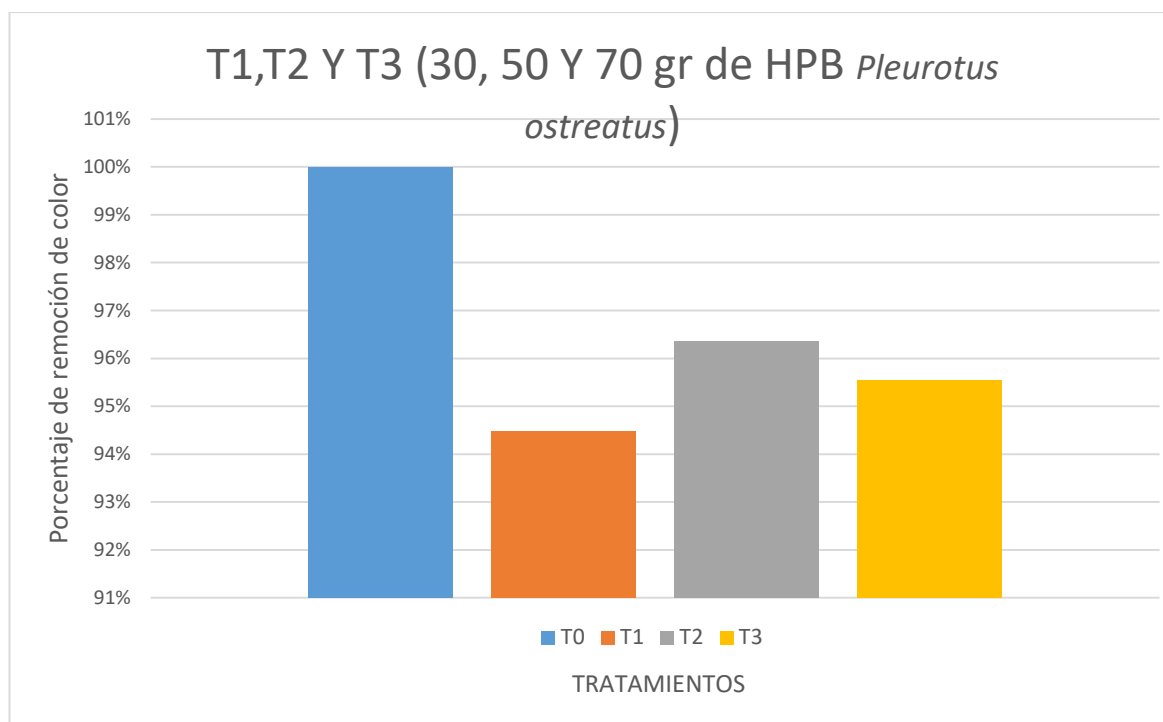


Tabla 8

Remoción del colorante Rojo Eryonil con Hongos de Pudrición Blanca (*Pleurotus ostreatus*) en el Primer Tratamiento (30 gr de HPB *Pleurotus ostreatus*) en cuatro repeticiones en 20 días

NÚMERO DE ENSAYO	CONCENTRACIÓN INICIAL DEL COLORANTE EN UC	TRATAMIENTO/ DÍAS	CONCENTRACIÓN INICIAL DEL COLORANTE EN UC	% DE REMOCIÓN
1	83609	T1-1 / 20 días	1436	98.28 %
2	83609	T1-2 / 20 días	5233	93.74 %
3	83609	T1-3 / 20 días	6895	91.75 %
4	83609	T1-4 / 20 días	4927	94.11 %
			$\bar{x}$	94.47 %

Figura 4

Gráfico de los porcentajes de Remoción del colorante Rojo Eryonil en el Tratamiento Uno (T1) de 30 gr de HPB *Pleurotus ostreatus* con sus 4 repeticiones en 20 días.

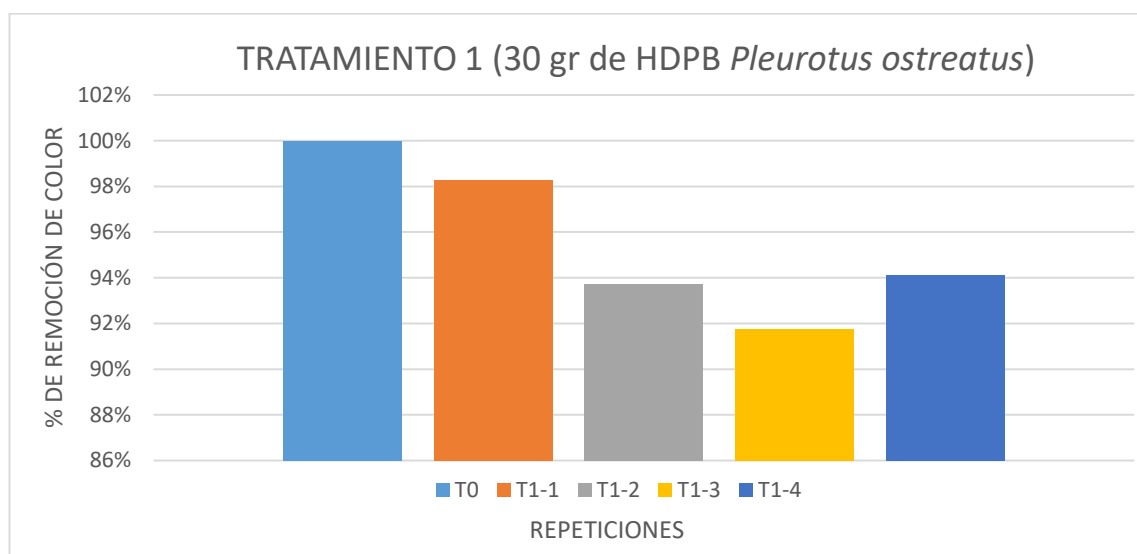


Tabla 9

Remoción del colorante Rojo Eryonil con Hongos de Pudrición Blanca *Pleurotus ostreatus* en el Segundo Tratamiento (50 gr de HPB *Pleurotus ostreatus*) en cuatro repeticiones en 20 días.

NÚMERO DE ENSAYO	CONCENTRACIÓN INICIAL DEL COLORANTE EN UC	TRATAMIENTO/ DÍAS	CONCENTRACIÓN INICIAL DEL COLORANTE EN UC	% DE REMOCIÓN
1	83609	T2-1 / 20 días	1455	98.26 %
2	83609	T2-2 / 20 días	4203	94.97 %
3	83609	T2-3 / 20 días	4373	94.77 %
4	83609	T2-4 / 20 días	2114	97.47 %
$\bar{x}$				96.36 %

Figura 5

Gráfico de los porcentajes de Remoción del colorante Rojo Eryonil en el Tratamiento Dos (T2) de 50 gr de HPB *Pleurotus ostreatus* con sus 4 repeticiones en 20 días.

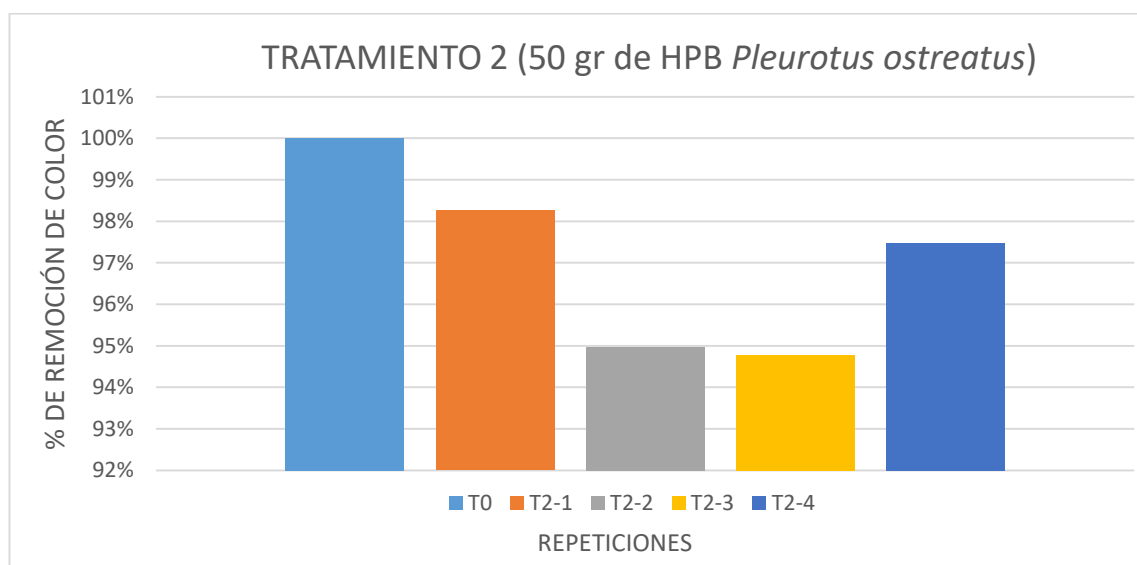


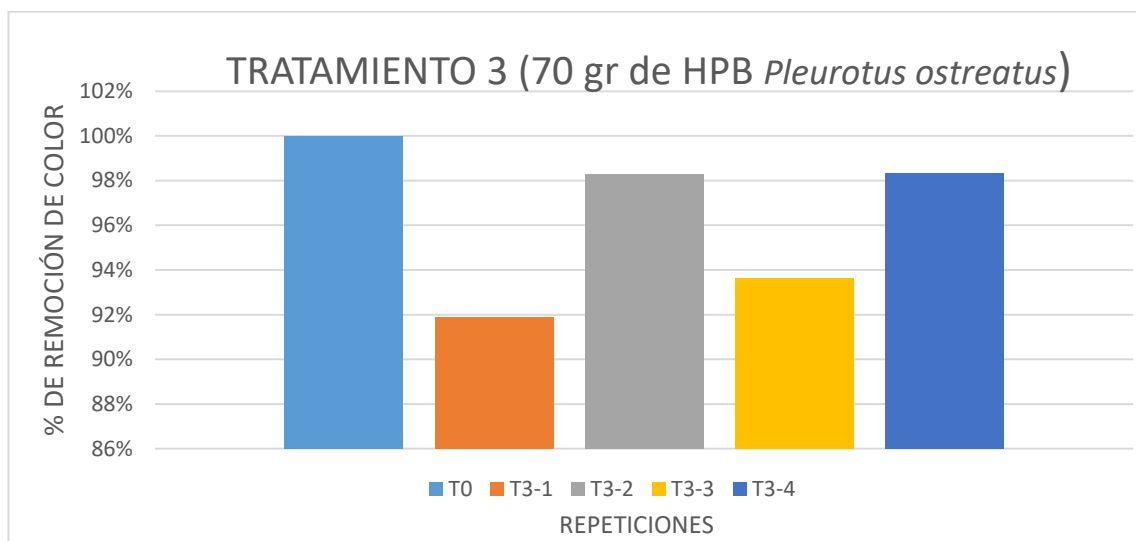
Tabla 10

Remoción del colorante Rojo Eryonil con Hongos de Pudrición Blanca *Pleurotus ostreatus* en el Tercer Tratamiento (70 gr de HPB *Pleurotus ostreatus*) en cuatro repeticiones en 20 días

NÚMERO DE ENSAYO	CONCENTRACIÓN INICIAL DEL COLORANTE EN UC	TRATAMIENTO/ DÍAS	CONCENTRACIÓN INICIAL DEL COLORANTE EN UC	% DE REMOCIÓN
1	83609	T3-1 / 20 días	6776	91.90 %
2	83609	T3-2 / 20 días	1402	98.32 %
3	83609	T3-3 / 20 días	5324	93.63 %
4	83609	T3-4 / 20 días	1396	98.33 %
$\bar{x}$				95.55 %

Figura 6

Gráfico de los porcentajes de Remoción del colorante Rojo Eryonil en el Tratamiento Tres (T3) de 70 gr de HPB *Pleurotus ostreatus* con sus 4 repeticiones en 20 días.



Las gráficas confirman que la Biorremediación con Hongos de Pudrición Blanca (*Pleurotus ostreatus*) tuvo un impacto significativo en la reducción de la coloración del agua (colorante Rojo Eryonil), ya que los valores de color después de los 20 días del tratamiento son considerablemente más bajos que el valor inicial (T1-0). Además, las diferencias entre los tratamientos sugieren que algunas condiciones o aplicaciones pueden haber sido más efectivas que otras, lo que justifica la realización de pruebas estadísticas para confirmar la significancia de estas diferencias.

Así como también en las siguientes gráficas de barras podemos apreciar las diferencias de la Remoción del colorante Rojo Eryonil en los tres Tratamientos (T1, T2 y T3).

Los resultados obtenidos en los diferentes tratamientos muestran una alta eficiencia en la remoción del colorante Rojo Eryonil utilizando HPB *Pleurotus ostreatus*. El Tratamiento 2 alcanzó el mayor porcentaje de remoción con 96.36%, seguido por el Tratamiento 3 con 95.55% y el Tratamiento 1 con 94.47%.

4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

Por otra parte, se tiene la hipótesis nula (H_0), que rechaza dicha afirmación:

H₀: No existe diferencia en el porcentaje de Biorremediación con Hongos de Pudrición Blanca (*Pleurotus ostreatus*) por efecto de los tratamientos, en el grado de coloración en aguas coloreadas con colorante azoico a nivel de laboratorio

El presente estudio plantea la contrastación de la siguiente hipótesis alterna (H₁):

H₁: Existe diferencia en el porcentaje de Biorremediación con Hongos de Pudrición Blanca (*Pleurotus ostreatus*) por efecto de los tratamientos, en el grado de coloración en aguas coloreadas con colorante azoico a nivel de laboratorio

El presente estudio plantea la contrastación de la siguiente hipótesis.

Se realizó un ANOVA de una vía para evaluar la existencia de diferencias significativas en la decoloración entre los diferentes tratamientos después de la biorremediación.

Tabla 11

Resultados en la decoloración entre los diferentes tratamientos después de la biorremediación (en porcentajes)

ANOVA					
Valor					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	2.734555562	3	0.911518521	1701.41	0,000
Dentro de grupos	0.006428918	12	0.000535743		
Total	2.740984479375	15			

Los resultados del ANOVA muestran un valor de F de 1701.41 y un p-valor de 0.000. Dado que el p-valor es menor a 0.05, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. Esto confirma que la biorremediación con *Pleurotus ostreatus* tiene un efecto en la reducción del color en aguas coloreadas con colorante azoico.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Las muestras de agua analizadas mostraron cada una de ellas que la Biorremediación con Hongos de Pudrición Blanca (*Pleurotus ostreatus*) genera una reducción significativa en la coloración del agua tratada. Se confirmó que la Biorremediación con Hongos de Pudrición Blanca (*Pleurotus ostreatus*) tiene un efecto en la reducción del color en aguas coloreadas con colorante azoico (Rojo Eryonil), gracias a su gran capacidad de degradar la lignina, descomponiendo sus moléculas en más pequeñas e incoloras, tal como lo menciona Martínez et al. A (2005) en su artículo científico. Se estima que el potencial de degradación de colorantes podría deberse a la similitud estructural entre las moléculas de lignina y pigmentos, particularmente por su anillo fenólico tal como lo menciona Mena et al. (2023) en su artículo titulado “Aplicaciones biotecnológicas de la degradación bioquímica de madera por acción de hongos Xilófagos: pudrición parda y blanca”

Pues el presente estudio se corresponde en cierta manera con la investigación de Moreno (2018) en su tesis: “Evaluación del porcentaje de remoción del colorante negro Reactivo 5 en aguas residuales del curtido de pieles, utilizando dos hongos lignolíticos”, Colombia. En los resultados de los tratamientos P6 se disminuyeron el colorante negro reactivo 5 en un 90,93% y 88,45% igualmente, viéndose que P6 en ese tratamiento la reducción de la concentración de CNR 5 fue más grande.

Los resultados del presente estudio de igual manera coinciden con la investigación de Duarte & at al (2018) en su tesis: “Degradación de índigo carmín por hongos de pudrición blanca”, Ecuador. Concluyen con que se identificó que la primordial complicación tecnológica es el deficiente escalado del proceso los Hongos de Pudrición Blanca son microorganismos que cuentan con un sistema enzimático inespecífico capaz de degradar compuestos de composición polifenólica como los colorantes sintéticos, lo cual constituye una elección potencial que se lleva a cabo en los tratamientos de emisarios textiles con altos niveles de contaminación con índigo carmín; para el proceso de decoloración del denim, evitando de esta forma la utilización de químicos persistentes. Los estudios corroboran que las

actividades enzimáticas de estos hongos de pudrición blanca logran un porcentaje de remoción entre 94 y 97 % dependiendo de la dosis y el tiempo empleado.

Los resultados de este estudio también concuerdan con los resultados de Mendoza (2020) en su trabajo “Remoción de colorantes textiles aplicando hongos lignolíticos inmovilizados en turmalina”. México. Se inmovilizaron los hongos por separado, inoculando un caldo de extracto de malta que contenía turmalina estéril con una suspensión de esporas, y luego se dejaron crecer a temperatura ambiente durante 5 días. Después, estos hongos inmovilizados se añadieron en duplicado a matraces con 150 mL de una solución acuosa del colorante, con una concentración de 50 ppm, y se incubaron sin agitación durante 24 días. Para medir la decoloración, se utilizó un método espectrofotométrico a 564 nm. Los resultados mostraron que el hongo *P. chrysosporium* logró eliminar el 96.7% del colorante, mientras que *P. cinnabarinus* alcanzó un impresionante 99.7% de remoción.

Del mismo modo, los resultados del presente estudio coinciden con la investigación de Vasquez (2019) en su tesis: “Capacidad microrremediadora del hongo *Pleurotus ostreatus* en suelos contaminados por cadmio”, puesto que en ambos estudios lograron un buen porcentaje de remoción con ese tipo de hongos.

Del mismo modo los resultados del presente estudio de investigación de Flores (2022) en su tesis: “Remoción del azul de metileno de agua residual industrial textil mediante oxidación a nivel de laboratorio-Huancayo,2021”, después de aplicar los oxidantes, se midió la absorbancia en diferentes momentos: a los 2, 5, 10, 20, 30 y 60 minutos. Se descubrió que el hipoclorito de sodio (NaClO) ayuda significativamente a eliminar el azul de metileno, mientras que el peróxido de hidrógeno (H₂O₂) no tiene un efecto positivo en este proceso. Además, la mejor dosis para lograr la mayor eliminación fue de 4.5 mL de NaClO bajo radiación, alcanzando un impresionante 98.47% de remoción del colorante.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en la presente investigación permiten validar la hipótesis planteada, lo que confirma que la biorremediación mediante el uso del Hongo de Pudrición Blanca (*Pleurotus ostreatus*) genera una reducción significativa en la coloración del agua tratada. A partir de los análisis realizados, se pueden destacar los siguientes puntos:

- Los datos obtenidos respaldan la premisa inicial, evidenciando que el tratamiento biológico con Hongos de Pudrición Blanca (*Pleurotus ostreatus*) es efectivo para la degradación de los compuestos responsables de la coloración del agua contaminada. Esto se refleja en una disminución notable en los parámetros ópticos analizados antes y después del proceso de biorremediación.
- Los resultados sugieren que la eficiencia del proceso de biorremediación puede variar dependiendo del método de aplicación utilizado y de las condiciones experimentales específicas, tales como la concentración del hongo, el tiempo de exposición y la composición química del agua residual. Estas variables podrían influir en la capacidad del hongo para degradar los contaminantes de manera más efectiva.
- Se identificaron diferencias en la eficacia de los distintos tratamientos evaluados, lo que indica que algunos enfoques podrían ser más adecuados que otros para maximizar la remoción de colorantes u otros contaminantes presentes en el agua. Esto resalta la importancia de continuar investigando las condiciones óptimas para la aplicación de este método en diversos escenarios.
- Los resultados obtenidos en los diferentes tratamientos muestran una alta eficiencia en la remoción de color de las aguas residuales utilizando HPB *Pleurotus ostreatus*. El Tratamiento 2 alcanzó el mayor porcentaje de remoción con 96.36%, seguido por el Tratamiento 3 con 95.55% y el Tratamiento 1 con 94.47%.

RECOMENDACIONES

Para consolidar la aplicabilidad de esta técnica de biorremediación, se recomienda llevar a cabo investigaciones complementarias que permitan mejorar y optimizar el proceso. Algunas de las principales líneas de investigación a seguir son:

- Evaluar el efecto de parámetros como pH, temperatura y disponibilidad de oxígeno sobre la capacidad del hongo para degradar los contaminantes presentes en el agua.
- Analizar el tiempo de tratamiento óptimo, estableciendo un equilibrio entre eficiencia en la remoción de contaminantes y viabilidad económica del proceso.
- Investigar la capacidad del hongo para degradar otros contaminantes presentes en aguas residuales, como metales pesados, pesticidas, hidrocarburos y compuestos farmacéuticos.
- Desarrollar estudios de biorremediación en sistemas a mayor escala para evaluar la factibilidad del proceso en condiciones reales.
- Evaluar la viabilidad económica del proceso, considerando costos de producción, mantenimiento y eliminación de los residuos generados tras la biorremediación.
- Evaluar la posibilidad de reutilización o disposición segura de la biomasa del hongo utilizada en el proceso, explorando aplicaciones como producción de biomateriales, biofertilizantes o bioenergía.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA (2016) "Protocolo nacional de monitoreo de la calidad del agua".
Disponible en: <https://cutt.ly/RfIDXRz>
- Behar R. (2008). "Métodos de investigación de enfoque experimental"
Disponible en: <https://www.postgradoune.edu.pe/pdf/documentos-academicos/ciencias-de-la-educacion/10.pdf>
- Davila, g. y Vasquez, R. (2001) "Enzimas lignolíticos fúngicas para fines ambientales. Instituto de Biotecnología; Universidad Nacional Autónoma de México. Disponible en: http://bq.unam.mx/wikidep/uploads/MensajeBioquimico/Mensaje_Bioq_06v30p29_55_Rafael_Vazquez.pdf, documento, oct. 2014).
- Duarte, Jiménez, Pineda & Mora (2018) "Degradación de índigo carmín por hongos de pudrición blanca", Ecuador. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/334760843_Degradacion_de_indigo_carmin_por_hongos_de_pudricion_blanca_Indigo_carmine_degradation_by_white_rot_fungi
- Garbisu C., AMÉZAGA I, Y ALKORTA I. (2002) "Biorremediación y Ecología".
Disponible en: <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/viewFile/591/558>
- Hernández S. (2014) libro "Metodología de la investigación" Sexta Edición.
Disponible en: <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Medina, J (2018). "Evaluación del porcentaje de remoción de colorante negro reactivo 5, en aguas residuales del curtido de pieles, utilizando 2 hongos lignolíticos". Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/10547/1/236T0406.pdf>
- Méndez, F. (2013) "Evaluación preliminar de la remoción de color en aguas de descarga producto del Proceso de curtido de pieles usando el hongo *Phanerochaete chrysosporium* en curtiembres Camelo". Manizales, Colombia. Disponible en:

- <http://ridum.umanizales.edu.co:8080/jspui/bitstream/6789/606/1/trabajo%20de%20grado%20M%C3%A8ndez-C%20Francy%20J.pdf>.
- Metcalf & Eddy. (2011) "Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento, vertido y reutilización". V1 y V2. 3a Ed. Mc Graw Hill. 1.485p. España –ES.
- Morales R. V.)2006) "Medios de cultivo líquidos para el desarrollo de inóculos de hongos de pudrición blanca aplicables en biopulpaje kraft" Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Santiago-Chile.
- Rosales L. (2010) "Biorremediación de hidrocarburos con *Pleurotus ostreatus*". Disponible en: <http://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/12726/biorremediaci%C3%B3n.pdf?sequence=1>
- Sánchez, M. B., & Uribe, C. (2018). Contaminación de los ambientes acuáticos generados por la industria textil. Revista Campus, 23(26).
- Serna C. (2016) "Territorio y Desarrollo Sostenible" Disponible en: <https://ebooks.editorialmacro.com/reader/territorio-y-desarrollo-sostenible?location=233>
- Sotil, L y flores, H (2016) "Determinación de parámetros físicos, químicos y bacteriológicos del contenido de las aguas del río Mazán – Loreto, 2016". Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Disponible en: <https://url2.cl/yK4XP>
- Stamets, P., & CHILTON, J. S. (1983). The mushroom cultivator. First Washington.
- Supo, J (2020) "Metodología de la investigación científica ", 3ra edición, Editorial Bioestadístico, Arequipa, Perú. Disponible en: <https://seminariosdeinvestigacióncientífica.com/>
- Vallejo, A (2017) "Evaluación de la Eficacia del Hongo *Phanerochaete chrysosporium* en la biodegradación de colorantes azoicos del efluente de la industria textil", Ecuador. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/7020/1/236T0276.pdf>
- Zegarra, R (2017) "Capacidad del hongo *Pleurotus ostreatus* para la biorremediación de suelos contaminados por Plomo (Pb) en el laboratorio" Desarrollado en la Universidad Nacional Agraria La Molina,

Lima, Perú. Disponible en: <https://docplayer.es/160905983-Facultad-de-ingenieria.html>

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Saenz Cabello, K. Y. (2025). Efecto de biorremediación con Hongos de Pudrición Blanca (*Pleurotus ostreatus*) en aguas coloreadas similar a la textil, a nivel de laboratorio [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

“EFECTO DE LA BIORREMEDIACIÓN CON HONGOS DE PUDRICIÓN BLANCA (*Pleurotus ostreatus*), EN AGUAS COLOREADAS SIMILAR A LA TEXTIL A NIVEL DE LABORATORIO”

Problema Principal	Objetivo Principal	Hipótesis	Variables/ indicadores	Método
¿Cuál es el efecto de biorremediación de diferentes dosis de Hongos de Pudrición Blanca (<i>Pleurotus ostreatus</i>) en aguas coloreadas con colorante azoico a nivel de laboratorio?	Demostrar el efecto de biorremediación de diferentes dosis de Hongos de Pudrición Blanca (<i>Pleurotus ostreatus</i>) en aguas coloreadas con colorante azoico a nivel de laboratorio	HIPÓTESIS GENERAL Existe diferencia en el porcentaje de Biorremediación con Hongos de Pudrición Blanca (<i>Pleurotus ostreatus</i>) por efecto de los tratamientos, en el grado de coloración en aguas coloreadas con colorante azoico a nivel de laboratorio	V. Independiente Biorremediación V. Dependiente Grado de coloración en aguas residuales de industria textil (nivel de laboratorio)	Enfoque: Cuantitativo Nivel: Aplicativo Diseño: Experimental Población: Esta investigación considera como población aguas que serán coloreadas con colorante azoico (rojo Erionyl) a nivel de laboratorio.
Problemas Específicos ¿Cuál es el grado de coloración de aguas coloreadas con rojo Erionyl a nivel de laboratorio, con 30 gramos de Hongos de Pudrición Blanca (<i>Pleurotus ostreatus</i>)? ¿Cuál es el grado de coloración de aguas coloreadas con rojo Erionyl a nivel de laboratorio, con 50 gramos de Hongos de Pudrición Blanca (<i>Pleurotus ostreatus</i>)? ¿Cuál es el grado de coloración de aguas coloreadas con rojo Erionyl a nivel de laboratorio, con 70 gramos de Hongos de Pudrición Blanca (<i>Pleurotus ostreatus</i>)?	Objetivos Específicos Demostrar el grado de coloración de aguas coloreadas con rojo Erionyl a nivel de laboratorio, con 30 gramos de Hongos de Pudrición Blanca (<i>Pleurotus ostreatus</i>). Demostrar el grado de coloración de aguas coloreadas con rojo Erionyl a nivel de laboratorio, con 50 gramos de Hongos de Pudrición Blanca (<i>Pleurotus ostreatus</i>). Demostrar el grado de coloración de aguas coloreadas con rojo Erionyl a nivel de laboratorio, con 70 gramos de Hongos de Pudrición Blanca (<i>Pleurotus ostreatus</i>).			

ANEXO 2

RESOLUCIÓN DE CAMBIO DE ASESOR

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO *Facultad de Ingeniería*

RESOLUCIÓN N° 1745-2025-D-FI-UDH

Huánuco, 28 de agosto de 2025

Visto, el Oficio N° 596-2025-C-PAIA-FI-UDH presentado por el Coordinador del Programa Académico de Ingeniería Ambiental y el Expediente N° 561166-0000004402, de la Bach. **Karolay Yesenia SAENZ CABELLO**, quien solicita cambio de Asesor de Tesis.

CONSIDERANDO:

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

Que, según el Expediente N° 561166-0000004402, presentado por el (la) Bach. **Karolay Yesenia SAENZ CABELLO**, quien solicita cambio de Asesor de Tesis, para desarrollar su trabajo de investigación, y;

Que, con Resolución N° 1449-2024-D-FI-UDH, de fecha 01 de julio de 2024, en la cual se designa como Asesor de Tesis de la Bach. **Karolay Yesenia SAENZ CABELLO** a la Mg. Gianina Danae Rojas Berrios, quien no tiene vínculo laboral con esta universidad, y;

Que, según lo dispuesto en el Capítulo II, Art. 31 del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco vigente, es procedente atender lo solicitado, y;

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

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - **DEJAR SIN EFECTO**, la Resolución N° 1449-2024-D-FI-UDH, de fecha 01 de julio de 2024.

Artículo Segundo.- DESIGNAR, como nuevo Asesor de Tesis de la Bach. **Karolay Yesenia SAENZ CABELLO** a la Mg. Perfecta Sofia Valdivia Martel, Docente del Programa Académico de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería.

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

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



Distribución:
Fac. de Ingeniería - PAIA- Asesor- Mat. y Reg.Acad. - Interesado - Archivo.
MCH/EJML/dgc

ANEXO 3

RESOLUCIÓN DE APROBACIÓN DE PROYECTO

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 1528-2024-D-FI-UDH

Huánuco, 10 de julio de 2024

Visto, el Oficio N° 477-2024-C-PAIA-FI-UDH, mediante el cual el Coordinador Académico de Ingeniería Ambiental, remite el dictamen de los jurados revisores, del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: **"EFECTO DE LA BIORREMEDIACION CON HONGOS DE PUDRICIÓN BLANCA (*Pleurotus ostreatus*), EN AGUAS COLOREADAS SIMILAR A LA TEXTIL A NIVEL DE LABORATORIO"**, presentado por el (la) Bach. **Karolay Yesenia SAENZ CABELLO**.

CONSIDERANDO:

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

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

Que, mediante Resolución N° 1449-2024-D-FI-UDH, de fecha 01 de julio de 2024, perteneciente a la Bach. **Karolay Yesenia SAENZ CABELLO** se le designó como ASESOR(A) a la Mg. Gianina Danae Rojas Berrios, docente adscrito al Programa Académico de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería, y;

Que, según Oficio N° 477-2024-C-PAIA-FI-UDH, del Coordinador Académico quien informa que los JURADOS REVISORES del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: **"EFECTO DE LA BIORREMEDIACION CON HONGOS DE PUDRICIÓN BLANCA (*Pleurotus ostreatus*), EN AGUAS COLOREADAS SIMILAR A LA TEXTIL A NIVEL DE LABORATORIO"**, presentado por el (la) Bach. **Karolay Yesenia SAENZ CABELLO**, integrado por los siguientes docentes: Mg. Herman Atilio Tarazona Mirabal (Presidente), Mg. Frank Erick Camara Llanos (Secretario) y Mg. Yasser Vasquez Baca (Vocal), quienes declaran APTO para ser ejecutado el Trabajo de Investigación (Tesis), y;

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

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - APROBAR, el Trabajo de Investigación (Tesis) y su ejecución intitulado: **"EFECTO DE LA BIORREMEDIACION CON HONGOS DE PUDRICIÓN BLANCA (*Pleurotus ostreatus*), EN AGUAS COLOREADAS SIMILAR A LA TEXTIL A NIVEL DE LABORATORIO"**, presentado por el (la) Bach. **Karolay Yesenia SAENZ CABELLO**, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Ambiental, del Programa Académico de Ingeniería Ambiental de la Universidad de Huánuco.

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

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



Distribución:

Fac. de Ingeniería - PAIA - Asesor - Exp. Graduando - Interesado - Archivo.
BCR/EJML/nto.

ANEXO 4

INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO

INFORME DE ENSAYO N° IE -0005-0007/25

Solicitante	: Saenz Cabello Karolay Yesenia
Dirección del Solicitante	: C.P Ayancocha- Ambo- Huanuco
Atención	: Saenz Cabello Karolay Yesenia
Proyecto	: "EFECTO DE LA BIORREMEDIACION CON HONGOS DE PUTRIFICACION BLANCA (Pleurotus ostreatus) , EN AGUAS COLOREADAS SIMILAR A LA TEXTIL A NIVEL DE LABORATORIO"
Lugar de Muestreo	: C.P Ayancocha- Ambo- Huanuco
Tipo de Muestra	: Agua Residual(Industrial)
Fecha de Monitoreo	: 02/01/25
Fecha de Recepción de Muestra	: 06/01/25
Fecha de Inicio de Análisis	: 06/01/25
Fecha de Término de Análisis	: 10/01/25
Fecha de Emisión	: 13/01/25

MEDICIONES IN SITU

Código de Laboratorio	Código de Cliente	COORDENADAS UTM	
		Norte	Este
0007-1	T0	8880815	0367846
0007-2	T1-1	8880815	0367846
0007-3	T1-2	8880815	0367846
0007-4	T1-3	8880815	0367846
0007-5	T1-4	8880815	0367846
0007-6	T2-1	8880815	0367846
0007-7	T2-2	8880815	0367846
0007-8	T2-3	8880815	0367846
0007-9	T2-4	8880815	0367846
0007-10	T3-1	8880815	0367846
0007-11	T3-2	8880815	0367846
0007-12	T3-3	8880815	0367846
0007-13	T3-4	8880815	0367846

In Situ: Datos tomados en campo.

Aqua Residual(Domestica)

Código de Laboratorio	0007-1	0007-2	0007-3	0007-4	0007-5	Límite	Unidad
Código de Cliente	T0	T1-1	T1-2	T1-3	T1-4	Detección	
Parámetros de Campo (In Situ: Datos tomados en campo.)							
Color□	83609	1436	5233	6895	4927	5	UC

Código de Laboratorio	0007-6	0007-7	0007-8	0007-9	0007-10	Límite	Unidad
Código de Cliente	T2-1	T2-2	T2-3	T2-4	T3-1	Detección	
Parámetros de Campo (In Situ: Datos tomados en campo.)							
Color□	1455	4373	1211	6776	1514	5	UC

Código de Laboratorio	0007-11	0007-12	0007-13	Límite	Unidad
Código de Cliente	T3-2	T3-3	T3-4	Detección	
Parámetros de Campo (In Situ: Datos tomados en campo.)					
Color□	1402	5324	1396	5	UC

- Muestreado por el área de monitoreo según procedimiento LB-P-07: Ejecución de Muestreo de Agua.
- La fecha de muestreo es dato proporcionado por el área de monitoreo.
- Lugar y condiciones ambientales del muestreo: Indicado en el acta.
- Condición y Estado de la muestra ensayada: Las muestras llegaron refrigeradas.
- El cliente renuncia al derecho de la dirimencia.

Método de Análisis:

Color: APHA AWWA WEF 2120 B 23rd Edition 2017, Visual Comparison Method.

Quim. Ellen Liliana Deza Montoya

CQP N° 1328

Director Técnico

Lima, 13 de Enero de 2025.

Nota 1: El presente documento sólo es válido para la(s) muestra(s) de la referencia.

Nota 2: Este resultado no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de productos "o como certificado del sistema de Calidad de la entidad que lo produce".

Nota 3: La(s) muestra(s) y contramuestras se mantendrán por un período de siete (7) días de emitido el presente Informe de Ensayo.

Nota 4: Toda corrección o enmienda física al presente Informe de Ensayo será emitida con "un nuevo informe que haga referencial al corregido".

Nota 5: Está prohibido la reproducción total y/o parcial del presente informe, salvo autorización escrita por LABECO Análisis Ambientales S.C.R.L.

Nota 6: Se adjunta el LB-F-13: Cadena de Vigilancia correspondiente a este informe.

Anexo 1: Condiciones de recepción.

—0000000—

ANEXO 5

PANEL FOTOGRÁFICO



Obtención la cepa del HPB *Pleurotus ostreatus* - Laboratorio de la UNAS



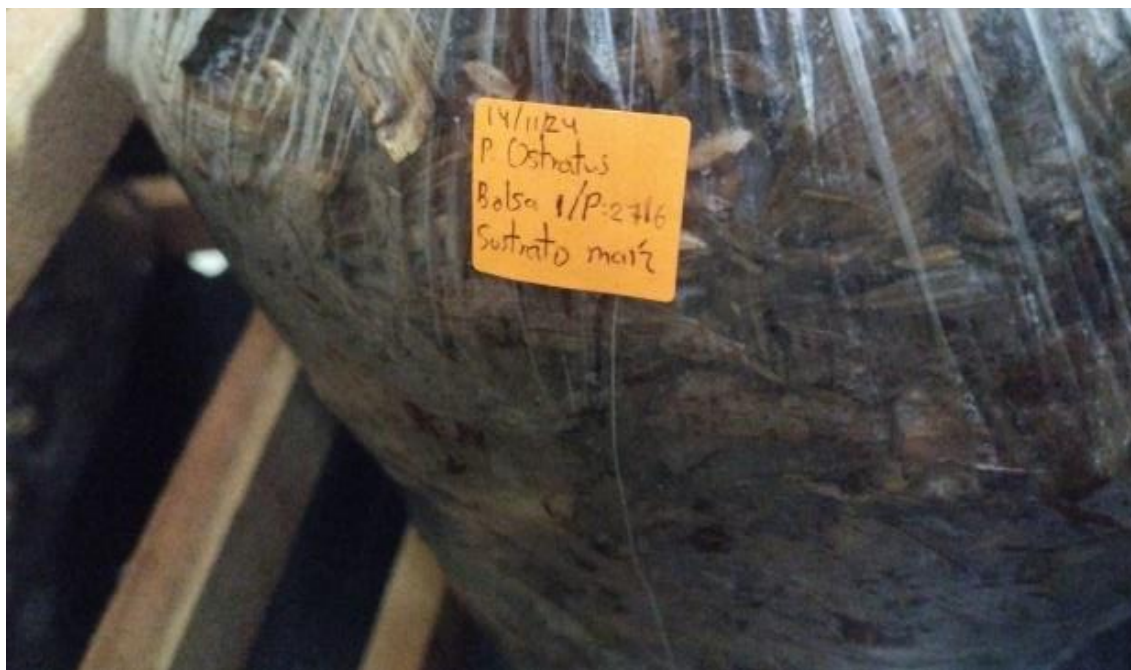
Selección de semillas de trigo y cebada para la siembra de la cepa del HPB *Pleurotus ostreatus* - Laboratorio de la UNAS



Incubación y crecimiento final de las semillas del HPB *Pleurotus ostreatus* - Laboratorio de la UNAS



Siembra artesanal del HPB *Pleurotus ostreatus* en tallos de maíz



Siembra y rotulado del HPB *Pleurotus ostreatus*



Crecimiento del HPB *Pleurotus ostreatus*



Pesado del HPB *Pleurotus ostreatus*



Coloración del agua



Ejecución del proyecto HPB *Pleurotus ostreatus* con el colorante Rojo Erionyl para ser monitoreado



HPB *Pleurotus ostreatus* con el colorante Rojo Erionyl monitoreo de los 20 días de estudio



Cernido del HPB a los 20 días para tomar las muestras y llevarlo al laboratorio



Toma de muestras después de los 20 días de estudio del ensayo