

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA AMBIENTAL**

“ANÁLISIS DE LOS HONGOS LIGNINOLÍTICOS  
COMO DEGRADADORES DE COLORANTES  
TEXTILES”

Tesis para optar al título profesional de:

**Ingeniera Ambiental**

**Autora:**

Belen Nicole Leiva Añorga

**Asesor:**

M. Sc. Marieta Eliana Cervantes Peralta

<https://orcid.org/0000-0001-9405-7048>

Trujillo - Perú

2023

### JURADO EVALUADOR

Jurado 1	<b>Julián Ricardo Diaz Ruiz</b>	<b>09294063</b>
Presidente(a)	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	<b>Luis Enrique Alva Diaz</b>	<b>43679478</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	<b>Wilberto Effio Quezada</b>	<b>42298402</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

## INFORME DE SIMILITUD

### Informe de originalidad de Turnitin

Procesado el: 18-mar-2023 22:56 -05

identificación: 2039050095

Cantidad de palabras: 5576

Enviado: 1

Tesis de Belén Nicole LEIVA  
AÑORGA

Índice de similitud

**13%**

#### Similitud por fuente

Fuentes de Internet:	13%
Publicaciones:	2%
Papeles del estudiante:	7%

## **DEDICATORIA**

A mi abuelo Carlos, por siempre haberme dado motivación. Fuiste y seguirás siendo una de mis mayores inspiraciones para cumplir mis objetivos.

## AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios, por guiarme y darme fortaleza.

A mis padres, por estar junto a mí en cada momento.

A mis abuelos, por su amor incondicional.

A mis tíos, por brindarme su apoyo constantemente.

Finalmente, gracias a mis profesores y asesora, por sus enseñanzas.

**Tabla de contenido**

Jurado calificador .....	2
Informe de similitud .....	3
Dedicatoria.....	4
Agradecimiento.....	5
Tabla de contenido .....	6
Índice de tablas .....	7
Índice de figuras .....	8
Resumen .....	9
Capítulo I: Introducción .....	10
1.1. Realidad problemática .....	10
1.2. Antecedentes .....	11
1.3. Marco teórico .....	15
1.4. Formulación del problema .....	19
1.5. Objetivos .....	19
Capítulo II: Metodología .....	20
Capítulo III: Resultados .....	26
Capítulo IV: Discusión y Conclusiones .....	39
Referencias .....	44
Anexos.....	50

## Índice de tablas

Tabla 1. Matriz de registro de artículos .....	26
Tabla 2. Colorantes utilizados en el tratamiento con <i>P. ostreatus</i> .....	37
Tabla 3. Colorantes utilizados en el tratamiento con <i>P. chrysosporium</i> .....	38
Tabla 4. Matriz de operacionalización de variables.....	50
Tabla 5. pH y porcentaje de remoción de colorante usando <i>P. ostreatus</i> .....	51
Tabla 6. pH y porcentaje de remoción de colorante usando <i>P. chrysosporium</i> .....	52
Tabla 7. Concentración de colorante y remoción usando <i>P. ostreatus</i> . ....	53
Tabla 8. Concentración de colorante y remoción usando <i>P. chrysosporium</i> .....	54
Tabla 9. Tiempo y porcentaje de remoción de colorante usando <i>P. ostreatus</i> . ....	55
Tabla 10. Tiempo y porcentaje de remoción de colorante usando <i>P. chrysosporium</i> .....	56

## Índice de figuras

Figura 1. Diagrama de flujo de proceso de búsqueda .....	24
Figura 2. Remoción de colorante utilizando el hongo <i>P. ostreatus</i> .....	27
Figura 3. Remoción de colorante utilizando el hongo <i>P. chrysosporium</i> .....	28
Figura 4. Remoción de DBO <sub>5</sub> utilizando <i>P. ostreatus</i> .....	29
Figura 5. Remoción de DBO <sub>5</sub> utilizando <i>P. chrysosporium</i> .....	30
Figura 6. Remoción de DQO usando <i>P. ostreatus</i> .....	31
Figura 7. Remoción de DQO usando <i>P. chrysosporium</i> .....	32
Figura 8. Relación entre pH y remoción de colorante para el hongo <i>P. ostreatus</i> .....	33
Figura 9. Relación entre pH y remoción de colorante para el hongo <i>P. chrysosporium</i> . ...	33
Figura 10. Relación entre concentración y remoción de colorante para <i>P. ostreatus</i> .....	34
Figura 11. Relación entre concentración y remoción de colorante con <i>P. chrysosporium</i> ..	35
Figura 12. Relación entre tiempo y remoción de colorante usando <i>P. ostreatus</i> .....	36
Figura 13. Relación entre tiempo y remoción de colorante usando <i>P. chrysosporium</i> .....	36

## RESUMEN

La industria textil es uno de los sectores que genera mayor contaminación, debido al alto contenido de sustancias perjudiciales en sus aguas residuales. Por ello, el presente trabajo de investigación tuvo como objetivo analizar los hongos ligninolíticos *Pleurotus ostreatus* y *Phanerochaete chrysosporium* como degradadores de colorantes textiles. Para ello, se realizó una revisión documental, donde se recopilaron estudios con información relevante, para proceder a su análisis. Se determinó que *P. chrysosporium* obtuvo una remoción de colorante, DBO<sub>5</sub> y DQO de 100%, 93,33% y 87,17%, respectivamente. Mientras que *P. ostreatus* obtuvo un 94,4%, 78% y 74%, correspondientemente. Además, se estableció que para ambos hongos la concentración de tinte debe ser menor para una mayor remoción. Lo mismo sucedió con *P. ostreatus* para pH; sin embargo, con *P. chrysosporium*, se evidenció que esta variable no influye en la decoloración. Con respecto al tiempo, la relación con la remoción para *P. ostreatus* fue negativa; a diferencia de *P. chrysosporium*, pues presentó un valor positivo. Finalmente, los colorantes que obtuvieron una mayor remoción fueron Rojo 23 en el tratamiento con *P. ostreatus* y Congo Red al emplear *P. chrysosporium*. Ello demuestra la eficacia de estos microorganismos en el tratamiento de este tipo de efluentes.

**PALABRAS CLAVES:** Hongos ligninolíticos, *P. ostreatus*, *P. chrysosporium*, colorantes textiles, aguas residuales textiles.

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

Los textiles y la vestimenta son una parte fundamental de nuestra vida cotidiana y un sector importante de la economía. A nivel mundial, la industria del vestido se calcula en 1,3 billones de dólares y emplea a más de 300 millones de personas a lo largo de la cadena de valor (Larios, 2019). Al mismo tiempo, es de las que genera mayor impacto ambiental debido al alto consumo de agua para llevar a cabo sus procesos y las altas concentraciones de contaminantes presentes en sus aguas residuales, entre ellos los colorantes (Von Ziegler et al., 2022).

Actualmente, en el mundo se producen alrededor de 700,000 toneladas anuales de colorantes sintéticos y se estima que del 10 al 15% de estos se pierden durante el proceso de tinción, en el cual el colorante que no es fijado a la tela se libera en el efluente de la fábrica afectando al cuerpo receptor (Von Ziegler et al., 2022). La presencia de estos componentes en el agua no solamente es un problema estético, sino que interfiere en el proceso fotosintético que realizan algunos organismos. Asimismo, se ha demostrado que ciertos colorantes azo pueden ser carcinogénicos y mutagénicos, además de que sus productos de degradación pueden resultar más tóxicos (Cortázar et al., 2012).

En América Latina, el sector textil es uno de los más relevantes debido a su gran aporte en las industrias de cada país, así como en el ámbito económico y la generación de empleo (Osornio et al., 2020). Tal es el caso de Perú, donde esta industria ha evidenciado un crecimiento debido a su proceso de modernización, permitiendo aumentar el nivel de productividad (Bernardo, 2022). Según el Ministerio de la Producción (2015), la industria

textil nacional se encuentra concentrada en Lima, ya que allí se ubican el 69% de las empresas relacionadas a esta área.

El aumento en la producción textil genera un mayor volumen de aguas residuales, las cuales poseen elevadas concentraciones de colorantes (Bernardo, 2022). Estos se consideran como contaminantes persistentes que no pueden removerse con los métodos convencionales de tratamiento de aguas, ya que presentan estructuras complejas y tienen un origen sintético. Debido a que la mayoría de los sistemas de tratamiento basados en métodos químicos o físicos son costosos, además de requerir gran cantidad de energía y reactivos, la biotecnología ofrece una alternativa de tratamiento (Cortázar et al., 2012).

Por ello, esta investigación pretende realizar un análisis de microorganismos, particularmente de los hongos ligninolíticos, ya que estos tienen la capacidad de degradar compuestos orgánicos aromáticos y organoclorados similares a la estructura de los colorantes textiles (Osornio et al., 2020). Al aplicar esta tecnología, se podrá brindar una opción de remediación accesible, aplicación viable y que se puede llevar a cabo sin perjudicar el medio ambiente. Además, la metodología relacionada al análisis de información recopilada, la cual se está aplicando en este estudio, permitirá tener acceso a un resumen de diferentes trabajos, donde se pueden apreciar sus resultados de forma concisa; ello permitirá contar con datos relevantes que favorecerán el desarrollo de futuras investigaciones.

## 1.2. Antecedentes

La investigación de Maruthi et al. (2012) tuvo como objetivo biodegradar colorante Nitroso con los hongos *Phanerochaete chrysosporium* y *Trametes hirsuta*. Para ello, se realizó un estudio in vitro mediante espectrofotometría. Los cuales dieron como resultado que, tras un tiempo de incubación de 15 días, *P. chrysosporium* removió color en un 79,51%, a diferencia de *T. hirsuta*, el cual mostró una remoción de 71,51%. En cuanto a pH, se observó que disminuyó de 12,0 a 9,05 y 11,90 a 8,90 para *P. chrysosporium* y *T. hirsuta*, respectivamente. Además, se observó que *P. chrysosporium* redujo DBO<sub>5</sub> en un 93,33% y DQO en 87,17%. Por otro lado, *T. hirsuta* removió 96% para DBO<sub>5</sub> y 93,58% para DQO. Se pudo concluir que ambos hongos actúan eficazmente en la biodegradación de efluentes con colorantes.

En el estudio realizado por De Cássia et al. (2013) se tuvo como objetivo investigar la biodegradación de efluentes textiles por parte de los hongos *Curvularia lunata* y *P. chrysosporium* en biorreactores estáticos bajo condiciones aerobias y anaerobias. Se realizaron análisis de espectrofotometría y cromatografía líquida para determinar decoloración y biodegradación. Como resultado, se observó que ambas cepas decoloraron completamente el efluente después de diez días y la biodegradación del colorante índigo fue superior en el biorreactor aireado, ya que *Curvularia lunata* logró un 96% y *P. chrysosporium* un 95%. Se concluyó que estos sistemas son eficientes para el tratamiento de efluentes textiles con hongos.

Kravetz et al. (2016) presentaron una investigación donde evaluaron la capacidad de una matriz biológica conformada por micelio para decolorar efluentes textiles. Para ello,

realizaron experimentos estáticos, en los que se utilizó micelio de *Pleurotus ostreatus*, desarrollado en avena como sustrato e incubado en oscuridad durante 25 días a 25°C. Se comprobó que el micelio continuó creciendo adecuadamente al exponerlo al efluente, aun cuando éste no hubiera sido esterilizado. Además, se demostró que el tiempo necesario para la decoloración varía entre 24 y 72 horas dependiendo de la intensidad del color del efluente. Los resultados indicaron que este sistema podría ser utilizado para la decoloración de efluentes de industrias textiles, disminuyendo así su impacto sobre los ecosistemas naturales.

Ruiz et al. (2018) realizaron un estudio donde tuvieron como objetivo evaluar la acción de *P. ostreatus* en la remoción del colorante azul turquesa en biorreactores air lift. Se logró una eficiencia de remoción significativa a los 20 días de 76,93, 69,25 y 84,76% a concentraciones de 100, 200 y 400 mg· L<sup>-1</sup> respectivamente, notándose mayor remoción en los primeros 5 días y reducida en los 15 días siguientes. Así mismo, como parámetros medidos en los biorreactores se obtuvo un mínimo descenso de la temperatura interna y del pH. Ello demostró que *P. ostreatus*, tiene una marcada acción de remoción para este colorante.

En el estudio de Carbajo y Ponce (2021) se tuvo como finalidad determinar la influencia de la intensidad de luz y la concentración microalgal en la capacidad de la remoción de azul de anilina por parte de *Chlorella vulgaris*. Ello se llevó a cabo en biorreactores con aireación constante a escala de laboratorio. Se utilizó dos concentraciones microalgales (1,9 x 10<sup>6</sup> y 7,9 x 10<sup>6</sup> cel/mL) expuestos a condición de luz natural y las intensidades de luz de 2700, 5500 y 8700 lux, los cuales se controlaron en una incubadora por 12 días. Los resultados demuestran que la máxima remoción de 81,70% se obtuvo a una

intensidad de luz de 5500 lux y para una concentración microalgal de  $7,9 \times 10^6$  cel/mL. Concluyendo que las microalgas son una opción viable en el campo de la biorremediación de colorantes sintéticos.

En el trabajo de investigación de Cerrón (2014) se propuso el empleo de basidiomicetos y un sistema de biopelículas para degradar tintes textiles. Las cepas elegidas correspondieron a los basidiomicetos ligninolíticos *Ceriporia lacerata* y *Trametes polyzona* respectivamente. Ocho tintes azoicos fueron evaluados en un medio de decoloración de condiciones limitantes previamente seleccionado con 400 ppm de tinte. Los mayores porcentajes de decoloración se dieron en Azul Brillante y Synozol Turquesa principalmente y evidenciaron además cambios notorios en los espectros de absorción. En todos los experimentos de decoloración *Trametes polyzona* resultó ser superior a *Ceriporia lacerata*, y las biopelículas de 72 horas de crecimiento decoloraron mejor que las de 48 horas en ambas cepas. Por último, se evaluó la decoloración en efluentes simulados a distintos pHs y efluentes reales, alcanzando los mayores porcentajes con biopelículas de *Trametes polyzona*.

Orozco (2018) realizó un estudio que tuvo como objetivo diseñar y caracterizar un consorcio microbiano con capacidad de degradación de Azul Directo. Las cepas fueron identificadas como *Enterococcus gallinarum* y *Stenotrophomonas maltophilia*. Se optimizaron los parámetros más importantes de biodegradación *in vitro* cuantificados mediante espectrofotometría UV-Vis, entre ellos pH 8, 37°C,  $2 \times 10^6$  UFC x ml<sup>-1</sup> de inóculo inicial y 100 ppm de colorante, obteniéndose un rendimiento promedio de 91,53% a las 6 horas. Además, se evaluaron cinéticas de decoloración del consorcio con otros colorantes azo: Amarillo Drimaren, Rojo Drimaren, Azul Marino Remazol, Azul Remazol, Amarillo

Oro Remazol, Azul Turquesa Remazol y Rojo Remazol, con rendimientos de más del 95% en su mayoría. Concluyendo que los consorcios tienen potencial para biorremediación de aguas residuales.

### **1.3. Marco teórico**

#### **Hongos:**

Los hongos son organismos eucarióticos que en su pared celular contienen quitina, celulosa o ambas y cuya nutrición la hacen por absorción. Estos organismos pueden crecer y desarrollarse en condiciones diversas de humedad, temperatura y pH. Las condiciones óptimas de crecimiento son a temperatura de 25 a 30°C y pH de 5-6. Las principales estructuras de los hongos son:

- Hifa: es la estructura básica de los hongos, es un filamento de paredes paralelas en donde se encuentran contenidas las estructuras de la célula (núcleo, citoplasma, mitocondrias, etcétera).
- Micelio: es la unión de hifas (Rodríguez y Cohrs, 2005, p.239).

#### **Hongos ligninolíticos:**

Los hongos de pudrición blanca o ligninolíticos son los degradadores de lignina más importantes en la naturaleza. Estos se caracterizan por su capacidad de decoloración, la cual se les atribuye a la secreción de enzimas ligninolíticas extracelulares (Singh, 2006, p.85).

#### ***Pleurotus ostreatus***

Este hongo toma los nutrientes necesarios para su alimentación de los materiales sobre los que crecen. Tiene la capacidad de degradar celulosa y lignina (Gaitán et al., 2002).

### ***Phanerochaete chrysosporium***

Pertenece a un grupo de hongos degradadores de lignina que secretan varias enzimas oxidorreductoras, incluidas la lignina peroxidasa (LiP) y manganeso peroxidasa (MnP) (Nunes y Kumar, 2018, p. 338).

### **Agua residual industrial**

Las aguas residuales industriales son las que proceden de las actividades desarrolladas en las industrias tanto en la producción de bienes como en la refrigeración.

Las aguas residuales industriales son vertidas al medio, la mayoría de las veces, sin tratamiento previo. Esto reduce la calidad del agua de la cuenca receptora, además puede infiltrarse ocasionando problemas de contaminación de suelos y acuíferos (López y Martín, 2017, p.20-21).

### **Agua residual textil**

Las aguas residuales textiles son unas de las aguas residuales más contaminadas debido a sus características tales como alta concentración de demanda química de oxígeno (DQO), color fuerte, pH y temperatura elevados y baja biodegradabilidad (Kumbasar y Korlu, 2016, p.2).

### **Colorante textil**

Son tintes sintéticos usados para la coloración textil, y otras aplicaciones industriales, la diversa estructura de los colorantes deriva de la presencia de algún grupo cromóforo, por

ejemplo: azo, antraquinona, triarilmetano, y los grupos de ftalocianina, así como la aplicación de diferentes tecnologías (reactivos, directos, dispersos, y de teñido).

Su clasificación se hace con base en el grupo cromoforo principal que constituye el colorante: Nitroso, nitro, azo, azoico, estibileno, diarilmetano, triarilmetano, santeño, quinoleína, metino, acridina, azufre, tiazol, tiamina, indamina, azina, oxacina, lactona, antraquinona, indigoide, y ftalocianina.

Con base a su estructura química y el método de aplicación los colorantes se pueden clasificar también en ácidos, básicos, directos y dispersos (Sánchez, 2016).

### **Parámetros indicadores de contaminación**

#### **Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

Es un parámetro que mide la cantidad de sustancias (orgánicas e inorgánicas) existentes en un medio susceptibles de ser oxidadas por agentes químicos. Se emplea para calcular la cantidad total de oxígeno necesario para la oxidación de los compuestos presentes en el agua. Se mide en miligramos de oxígeno por litro ( $\text{mg O}_2/\text{l}$ ) (López y Martín, 2017, p. 36).

#### **Demanda Biológica de Oxígeno (DBO)**

Es un parámetro que mide la cantidad de oxígeno que los microorganismos requieren para oxidar la materia orgánica presente en el agua. Normalmente se mide cinco días después de que se inicie el proceso. Se mide en miligramos de oxígeno por litro ( $\text{mg O}_2/\text{l}$ ).

La relación entre los valores DBO y DQO señala el tipo de contaminación que presenta el agua residual. Si es menor de 0,2 el vertido es inorgánico mientras que si es mayor de 0,6 es orgánico (López y Martín, 2017, p.37).

### **Color**

Es la capacidad de absorber ciertas radiaciones del espectro visible (López y Martín, 2017, p.27).

### **Potencial de Hidrógeno (pH)**

Es una medida de la concentración de iones de hidrogeno, y se define como  $\text{pH} = \log(1/[\text{H}^+])$ . Es una medida de la naturaleza ácida o alcalina de la solución acuosa que puede afectar a los usos específicos del agua (López y Martín, 2017, p.29).

#### **1.4. Formulación del problema**

¿Cuál es el efecto de los hongos ligninolíticos como degradadores de colorantes textiles?

#### **1.5. Objetivos**

##### **1.5.1. Objetivo general**

Analizar los hongos ligninolíticos como degradadores de colorantes textiles.

##### **1.5.2. Objetivos específicos**

Determinar el porcentaje de remoción de colorantes, DBO<sub>5</sub> y DQO por parte de los hongos *P. ostreatus* y *P. chrysosporium*.

Identificar la relación entre el porcentaje de remoción de colorante con la concentración, pH y tiempo, en el tratamiento con *P. ostreatus* y *P. chrysosporium*.

Determinar qué colorantes obtuvieron una mayor remoción por parte de los hongos *P. ostreatus* y *P. chrysosporium*.

## **CAPÍTULO II: METODOLOGÍA**

### **2.1. Tipo de investigación**

Para definir el tipo de estudio a realizar se tuvo en cuenta lo indicado por Viñán et al. (2018), quien señala que depende de diversos factores, entre ellos: objetivos trazados, problemática a tratar y recursos disponibles. Ello influye directamente en la estrategia a seguir en el diseño de la investigación y la parte experimental: los datos que se recolectarán, la manera de obtenerlos, el muestreo a realizar, etc.

Por ello, la presente investigación es de tipo descriptiva, debido a que recoge información sobre los conceptos o variables (Hernández et al., 2010, p.80). Para luego proceder a un análisis de características y propiedades, así como su clasificación y posterior interpretación (Sanca, 2011).

Además, su diseño es no experimental, ya que se realiza sin la manipulación deliberada de variables y solo se observan los fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos (Hernández et al., 2010, p.149).

### **2.2. Población y muestra**

#### **2.2.1. Población**

La población consta de 35 investigaciones, las cuales tienen el formato de artículos científicos, revistas o tesis; ya sea descriptivo o experimental. El contenido de estos estudios abarca información relacionada a los hongos ligninolíticos y su capacidad para decolorar

colorantes provenientes de la industria textil. Esta fue hallada en las siguientes bases de datos: Dialnet, Redalyc, Science Direct, Springer, Scielo y Google Académico.

### **2.2.2. Muestra**

Para hallar la muestra se tomó en cuenta los estudios que contengan las variables a tratar, así como que sus resultados estén relacionados a los objetivos que se propuso determinar en la investigación; por lo que se realizó un detallado análisis para seleccionar los trabajos que incluyan remoción de colorante, DBO, DQO, así como el nombre de los tintes utilizados y los factores que intervienen en la decoloración. La cantidad seleccionada fue de 9 estudios.

## **2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos**

### **2.3.1. Técnica**

La técnica aplicada es la de investigación documental, la cual permite recopilar trabajos de las diferentes bases de datos, entre ellos artículos científicos y tesis; para proceder a su clasificación y análisis mediante la metodología PRISMA, seleccionando los más relevantes.

### **2.3.2. Instrumentos**

El instrumento que se utilizó es la matriz de recopilación de información en el programa Excel, la cual permitió resumir y agrupar los datos recolectados, para su posterior

análisis. Esta se llevó a cabo tomando en cuenta la herramienta PRISMA, ya que plantea realizar un resumen detallado de la información presente en cada investigación.

### **2.3.2. Análisis de datos**

Se realizaron tablas con la información recopilada de las diferentes investigaciones y mediante Excel, se generaron gráficas, las cuales permiten evidenciar los resultados de una forma visual.

Los resultados se presentarán en tablas y gráficos de remoción de colorante, DBO, DQO. Así como las gráficas que muestran la correlación entre el porcentaje de remoción de colorante y el pH empleado, así como tiempo de contacto y concentración de tinte. Por último, se realizarán tablas conteniendo el nombre de los tintes utilizados y su porcentaje de remoción.

### **2.4. Procedimiento**

La presente investigación se realizó teniendo como base la metodología PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) utilizada por Cardona et al. (2016); ello permitió la elección de los estudios a incluir en la investigación; siguiendo las respectivas etapas de identificación, tamización, exclusión e inclusión.

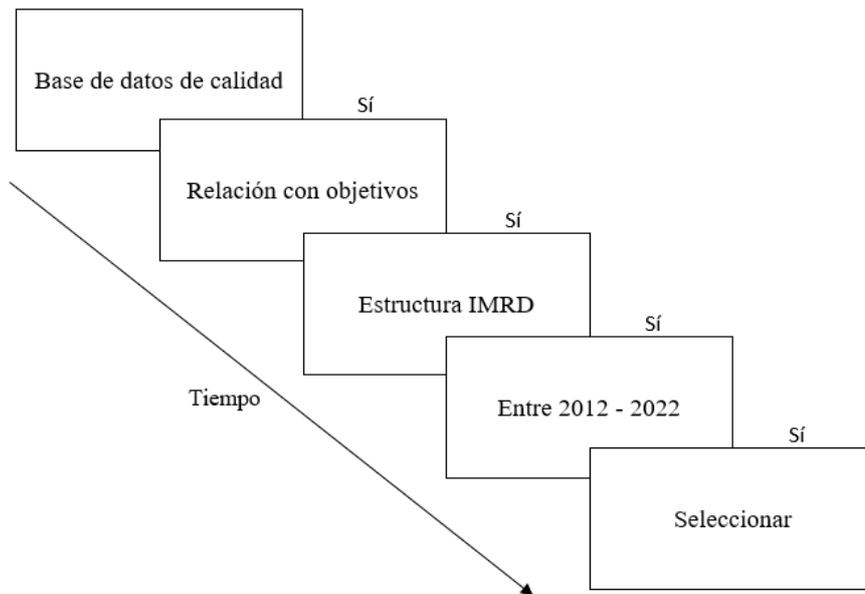
En primer lugar, se definió la estrategia de búsqueda y las fuentes de información a emplear; tomando como referencia a Cardona (2016), quien indica que, en la elección de las palabras clave y su combinación con operadores booleanos, lo ideal es elegir términos que garanticen una alta sensibilidad en la recuperación de artículos relacionados con el tema. Por ello, en la búsqueda realizada para este estudio, se utilizaron los términos: “biodegradación”, “colorantes textiles”, “hongos ligninolíticos”, “*Pleurotus ostreatus*”, “*Phanerochaete chrysosporium*” y “aguas residuales textiles”; los cuales unidos al operador “&” o “AND”; permitieron encontrar la información necesaria en las siguientes bases de datos: Dialnet, Redalyc, Science Direct, Springer, Scielo y Google Académico.

El siguiente paso, según Cardona et al. (2016), es elegir un gestor de referencias bibliográficas para almacenar y procesar las referencias halladas en la consulta a cada base de datos. Para la investigación realizada, se utilizó el gestor Zotero, el cual permite organizar las referencias por carpetas y visualizar el título, autores, resumen, entre otros. Este software también permite añadir notas y marcas; además, facilita la eliminación de los artículos duplicados. Además, con esta herramienta se puede citar y referenciar los documentos empleados.

Luego de ordenar la información en Zotero, se procedió con la etapa de tamización, donde se aplicaron los criterios de inclusión a las investigaciones recopiladas; por lo tanto, se descartaron los que se publicaron en un periodo diferente al especificado; además de los que contaban con otro tipo de estructura.

**Figura 1.**

*Diagrama de flujo de proceso de búsqueda*



Es importante resaltar que, los criterios de inclusión tomados en cuenta para la recolección de bibliografía fueron: artículos científicos que hayan sido publicados entre los años 2012 y 2022, contener la estructura IMRD (Introducción, Metodología, Resultados y Discusión); además el tema central debía estar relacionado a los objetivos propuestos sobre biodegradación de colorantes textiles por parte de hongos ligninolíticos. En la Figura 1, se detallan los pasos tomados en cuenta para la selección de las investigaciones.

En la etapa de exclusión, se trabajó con los estudios previamente seleccionados, aplicando criterios relacionados con las poblaciones de estudio, forma de medir variables, entre otros. Finalmente, como parte de la última fase, se determinó la cantidad de artículos que cumplieron con el método aplicado (Cardona, 2016).

## 2.5. Aspectos éticos

Todo documento extraído de las diferentes bases de datos para el presente estudio ha sido obtenido respetando los derechos de autor, ya que están siendo citados y referenciados según APA. Además, los datos presentados son verdaderos y no han sido modificados, estos se incluyen tal y como fueron obtenidos por sus autores.

### CAPÍTULO III: RESULTADOS

Debido a la aplicación de la estrategia PRISMA en la búsqueda de información, donde se tuvo en cuenta los criterios de inclusión y descarte establecidos, se pudo seleccionar los 9 artículos necesarios para el estudio. En la Tabla 1, se muestran los datos de las investigaciones que cumplieron con las especificaciones requeridas.

**Tabla 1.**

*Matriz de registro de artículos*

N°	Autor / Autores	Año	Tipo de investigación	Título de artículo de investigación
1	Maruthi et al.	2012	Artículo científico	Optimization studies on pollution abatement: biodegradation of nitroso dye effluents by two fungi ( <i>Phanerochaete chrysosporium</i> & <i>Trametes hirsuta</i> ) under static conditions
2	Chaparro	2013	Tesis de pregrado	Evaluación de un co-cultivo lignocelulosico para la remoción de colorantes azoicos por 3 ciclos de operación
3	Shah et al.	2013	Artículo científico	A comparative study on decolourization of industrial dyes and real textile wastewater by white rot and non-white rot fungi
4	Shinkafi et al.	2015	Artículo científico	The potentials of white-rot fungi to decolorizing azo dyes and organic components of textile effluents
5	Zuleta et al.	2016	Artículo científico	Utilización de hongos de la podredumbre blanca en la degradación de un colorante tipo azo de la industria textil
6	Kunjadia et al.	2016	Artículo científico	Role of ligninolytic enzymes of white rot fungi ( <i>Pleurotus</i> spp.) grown with azo dyes
7	Vallejo, A.	2017	Tesis de pregrado	Evaluación de la eficacia del hongo <i>Phanerochaete chrysosporium</i> en la biodegradación de colorantes azoicos del efluente de la industria textil

8	Medina	2018	Tesis de pregrado	Evaluación del porcentaje de remoción de colorante negro reactivo 5, en aguas residuales del curtido de pieles, utilizando 2 hongos lignolíticos.
9	Vallejo, M.	2021	Tesis de doctorado	Utilización de lacasa de <i>Pleurotus ostreatus</i> y su biomasa residual para la degradación de colorantes azoicos y la remoción de metales en aguas residuales"

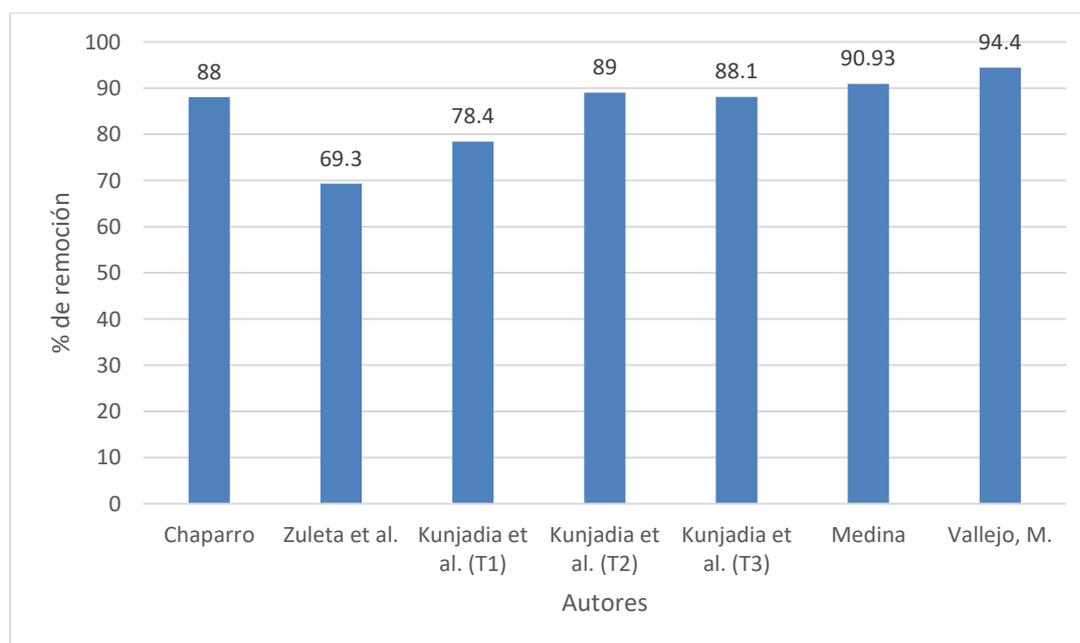
*Nota:* Se muestra los autores, año, tipo de investigación y título de los artículos seleccionados.

A continuación, se muestra la información recolectada en cada uno de los documentos, la cual se empleó para desarrollar los objetivos propuestos.

La Figura 2 representa la remoción de colorantes por parte del hongo ligninolítico *P. ostreatus*, como se puede apreciar el mayor porcentaje de remoción lo obtuvo el autor Vallejo (2021) con un 94,4%, mientras que el menor porcentaje fue el obtenido por Zuleta (2016) con 69,3%.

**Figura 2.**

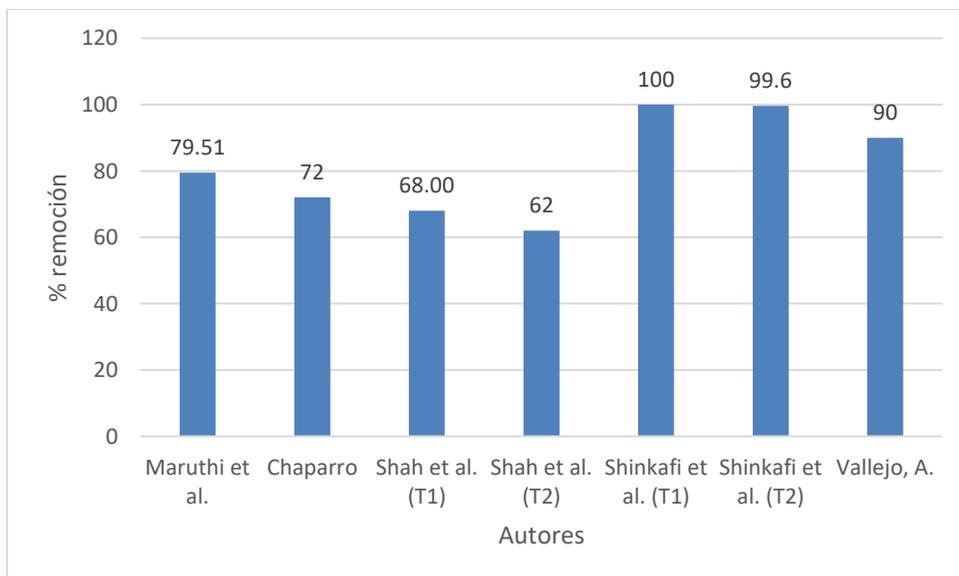
*Remoción de colorante utilizando el hongo P. ostreatus.*



La Figura 3 representa la remoción de colorantes por parte del hongo ligninolítico *P. chrysosporium*, como se puede observar el mayor porcentaje de remoción lo obtuvo el autor Shinkafi et al. (2015) con un 100%, mientras que el menor porcentaje fue el obtenido por Shah et al. (2013) con 62%.

**Figura 3.**

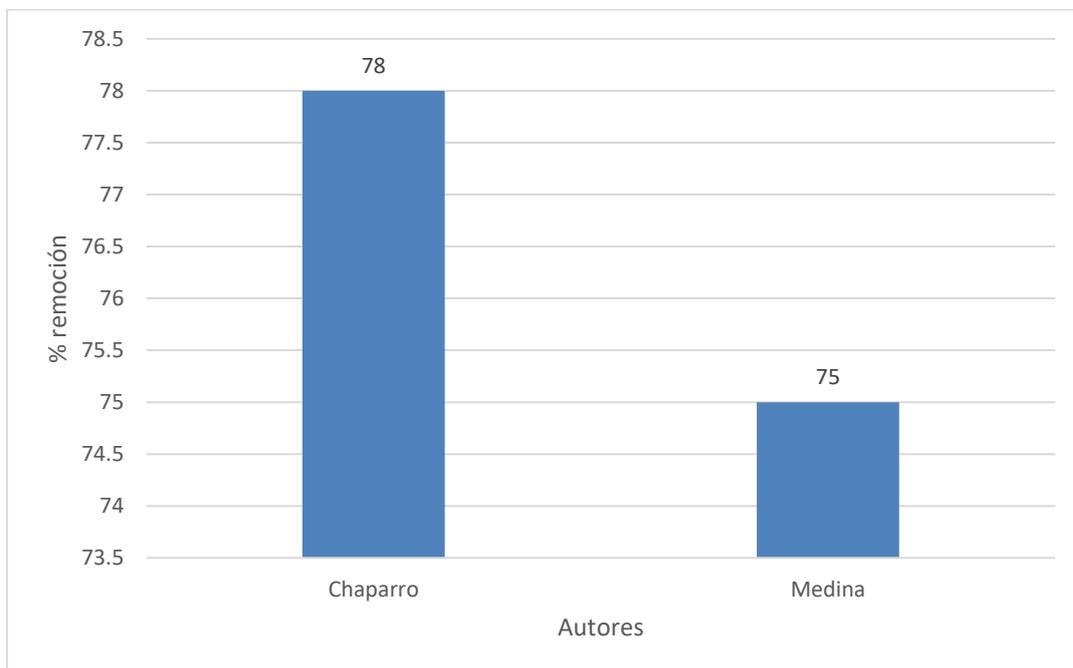
*Remoción de colorante utilizando el hongo P. chrysosporium.*



En la Figura 4 se representa los resultados obtenidos por dos autores, quienes evaluaron la remoción de  $DBO_5$  por parte de *P. ostreatus*; siendo Chaparro (2013) quien obtuvo una mayor remoción con un 78%.

**Figura 4.**

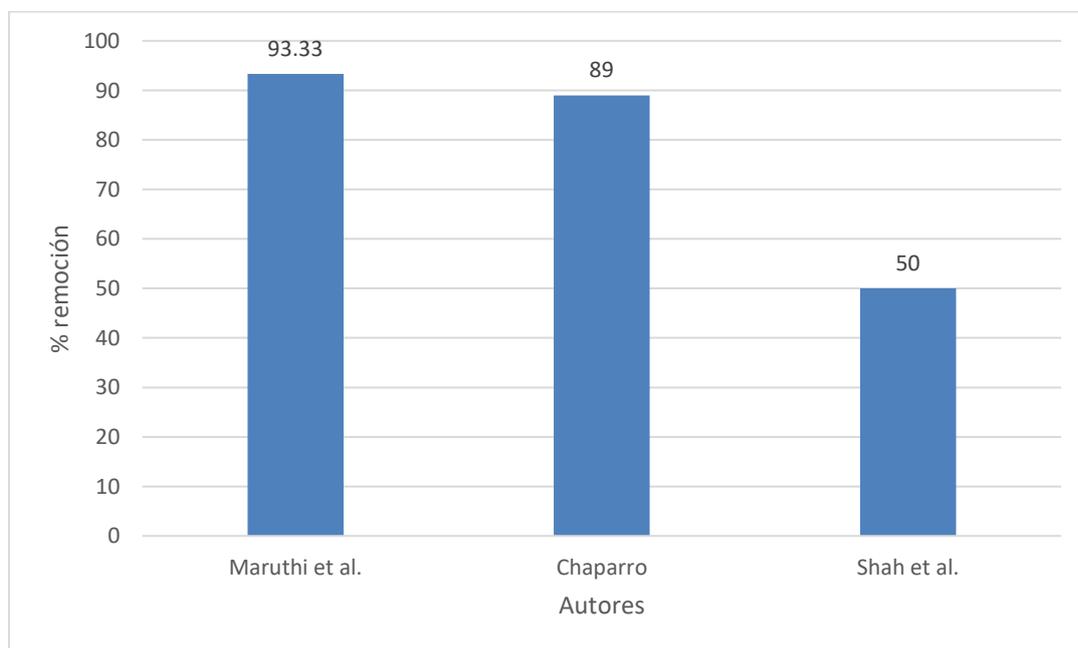
*Remoción de  $DBO_5$  utilizando *P. ostreatus*.*



En la Figura 5 se representa los resultados obtenidos por tres autores, quienes evaluaron la remoción de DBO<sub>5</sub> por parte de *P. chrysosporium*; siendo Maruthi et al. (2012) quien obtuvo una mayor remoción con un 93,33%.

**Figura 5.**

*Remoción de DBO<sub>5</sub> utilizando P. chrysosporium*

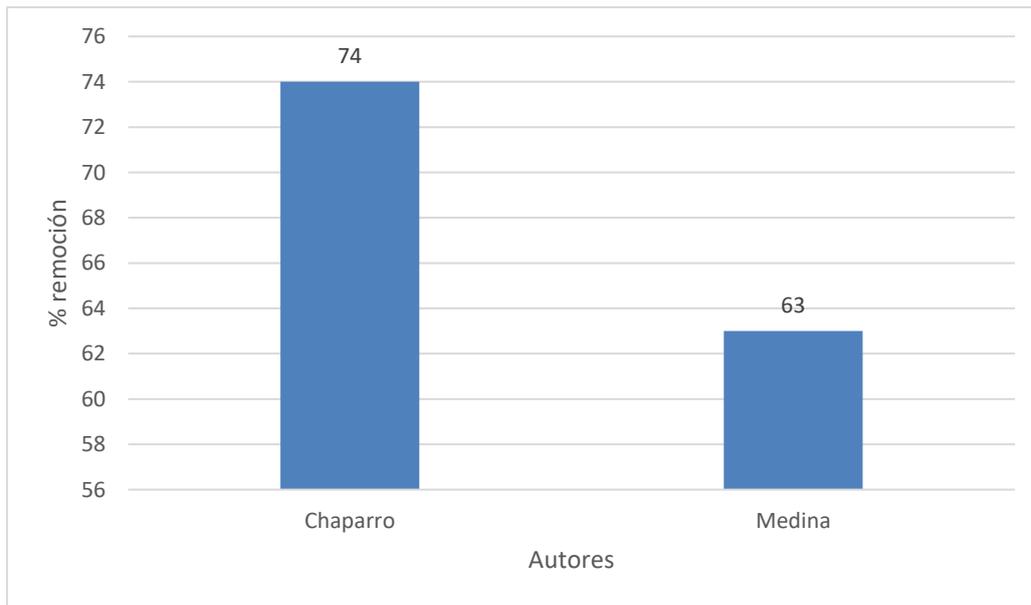


En la Figura 6 se encuentran los resultados obtenidos por los autores Chaparro (2013) y Medina (2018), quienes evaluaron la remoción de DQO por parte de *P. ostreatus*. Con un

74% de remoción se puede observar que Chaparro (2013) obtuvo el porcentaje que demostró mayor eficiencia.

**Figura 6.**

*Remoción de DQO usando P. ostreatus.*

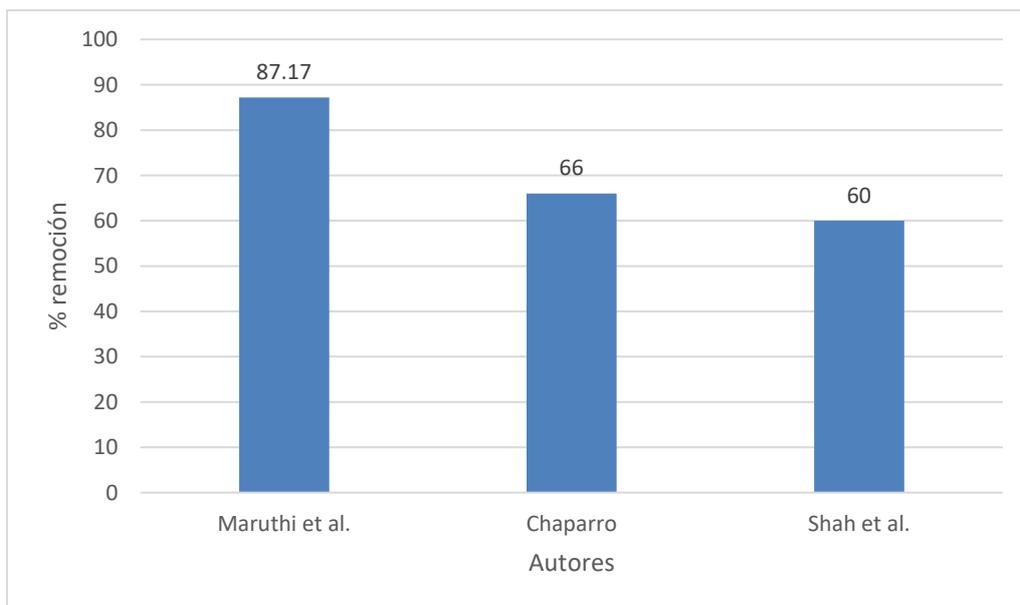


En la Figura 7, se muestran los resultados para la remoción de DQO por parte del hongo *P. chrysosporium* hallados por los autores Maruthi et al. (2012), Chaparro (2013) y

Shah et al. (2013), en esta figura se puede observar que el mayor porcentaje de remoción se encuentra en la investigación de Maruthi et al. (2012), quien obtuvo un 87,17%.

**Figura 7.**

*Remoción de DQO usando P. chrysosporium.*

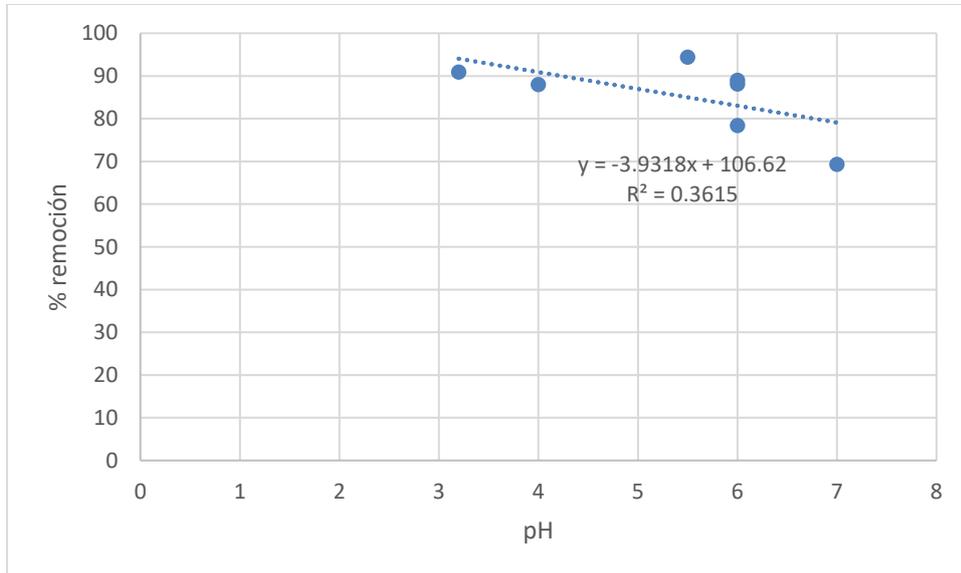


Como parte del segundo objetivo se realizó el análisis de relación del porcentaje de remoción de colorante con el pH, concentración de colorante y tiempo.

Como se aprecia en los gráficos presentados en la Figura 8 y Figura 9, se ubicó el pH en el eje “x” y el porcentaje de remoción en el eje “y”, ya que la remoción se definió como dependiente del pH para la elaboración de la correlación. Sin embargo, para el hongo *P. ostreatus*, la correlación fue negativa. Mientras que para el análisis con *P. chrysosporium*, la relación se presentó como nula.

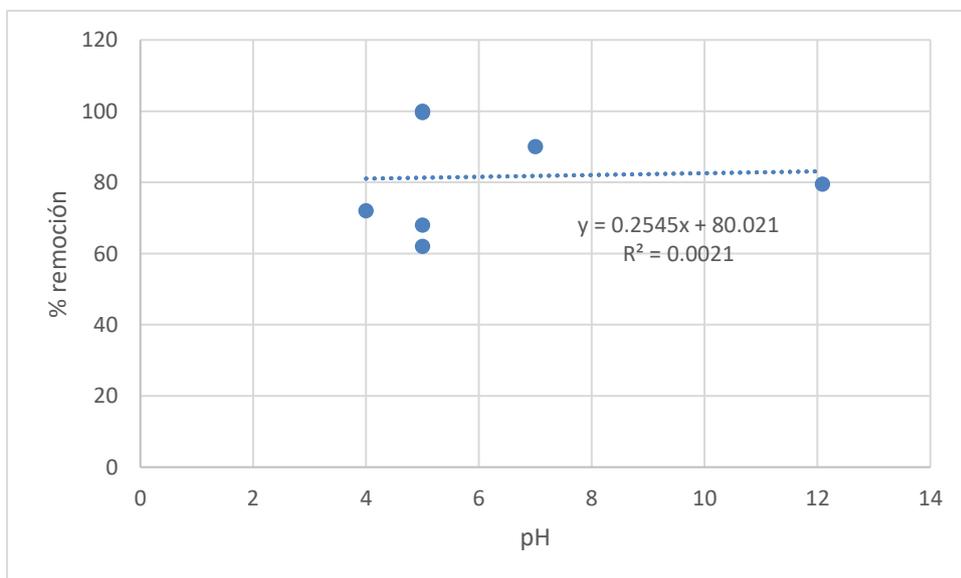
**Figura 8.**

*Relación entre pH y remoción de colorante para el hongo *P. ostreatus*.*



**Figura 9.**

*Relación entre pH y remoción de colorante para el hongo *P. chrysosporium*.*

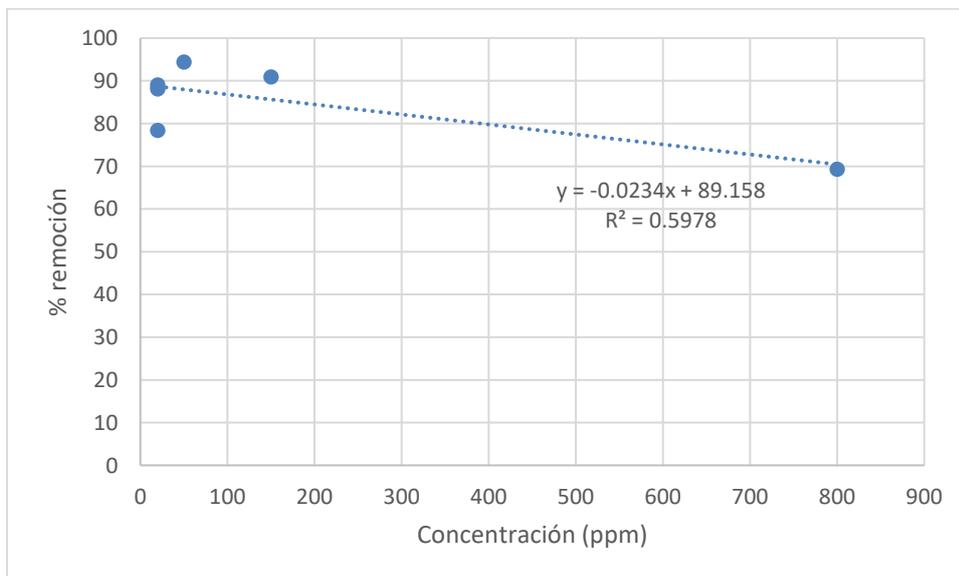


Con respecto a la relación entre concentración de tinte y porcentaje de remoción, se aprecia en la Figura 10 y Figura 11, que el resultado de este análisis dio un valor de

correlación negativo. Ello aplica para el tratamiento donde se emplea ambos hongos: *P. ostreatus* y *P. chrysosporium*.

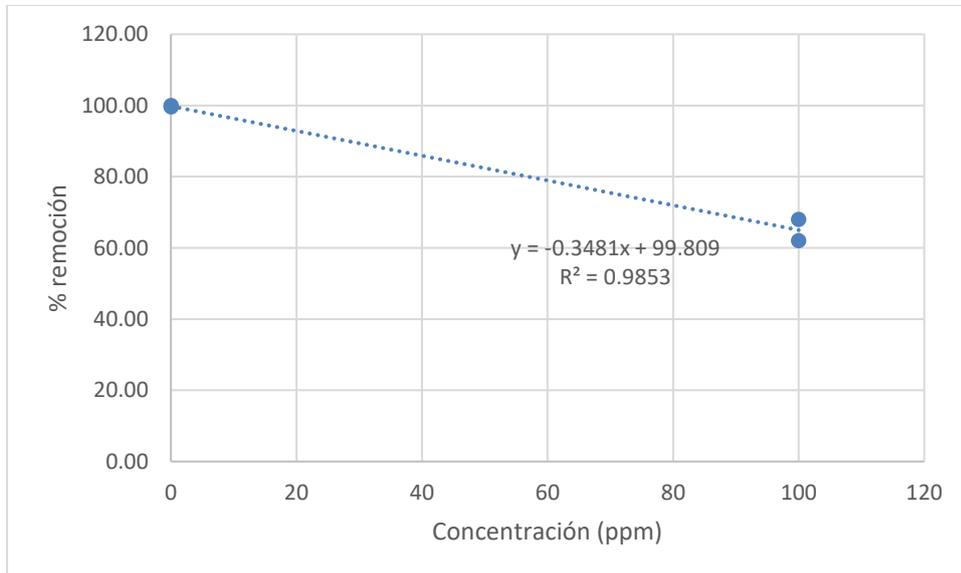
**Figura 10.**

*Relación entre concentración y remoción de colorante para P. ostreatus.*



**Figura 11.**

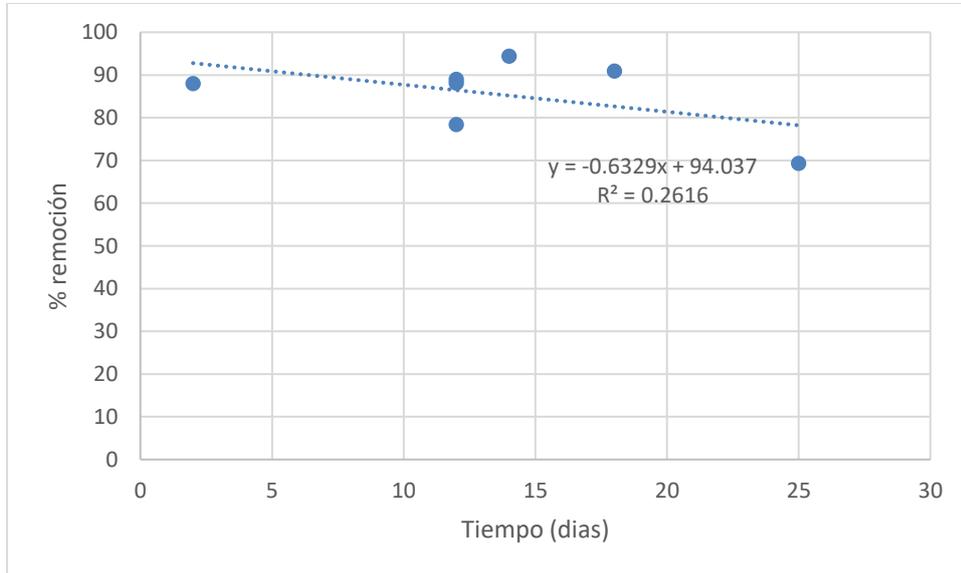
*Relación entre concentración y remoción de colorante con P. chrysosporium.*



Para el análisis de correlación relacionado al efecto del tiempo en la remoción de colorante, la Figura 12 correspondiente al análisis con el hongo *P. ostreatus*, la correlación resultó negativa. Mientras que en la Figura 13 con el hongo *P. chrysosporium*, se dio como resultado una correlación positiva.

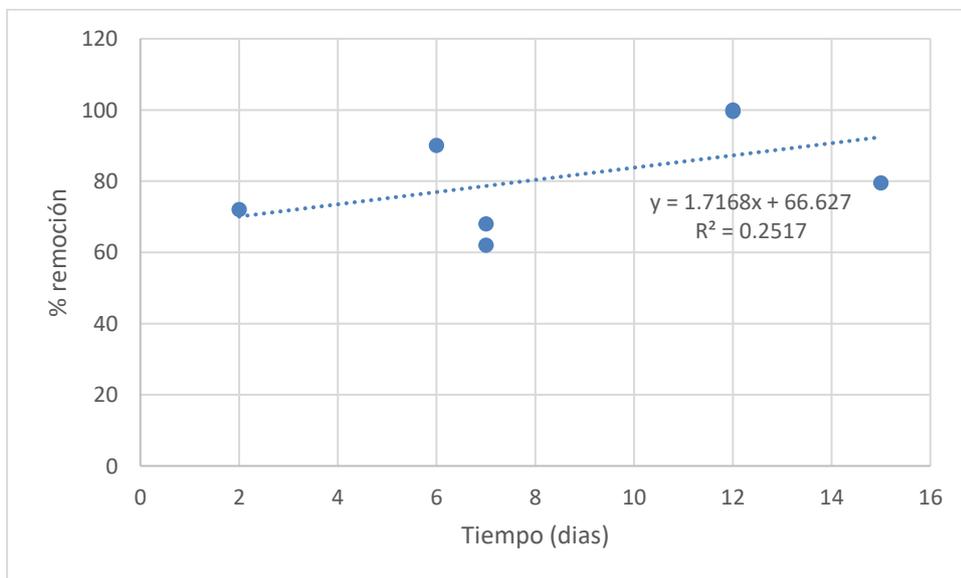
**Figura 12.**

*Relación entre tiempo y remoción de colorante usando P. ostreatus.*



**Figura 13.**

*Relación entre tiempo y remoción de colorante usando P. chrysosporium.*



En cuanto el tercer objetivo específico, se realizaron las siguientes tablas donde se aprecia el porcentaje de remoción de colorante por los hongos *P. ostreatus* y *P. chrysosporium* y el tinte utilizado por cada autor en su respectiva investigación.

En la Tabla 2, se muestra que el autor Vallejo (2021) obtuvo un mayor porcentaje de remoción en los tratamientos utilizando *P. ostreatus*. El colorante utilizado fue Rojo 23.

**Tabla 2.**

*Colorantes utilizados en el tratamiento con P. ostreatus.*

<b>Autor / Autores</b>	<b>Colorante</b>	<b>Porcentaje de remoción (%)</b>
Zuleta et al.	Rojo básico 46	69,3
Kunjadia et al.	Coralene Golden Yellow	78,4
Kunjadia et al.	Coralene Navy Blue	89
Kunjadia et al.	Coralene Dark Red	88,1
Medina	Negro reactivo	90,93
Vallejo, M.	Rojo 23	94,4

*Nota:* Se muestra los autores, colorante utilizado y su porcentaje de remoción.

En la Tabla 3, se muestra que el autor Shinkafi et al. (2015) obtuvo un mayor porcentaje de remoción en los tratamientos utilizando *P. chrysosporium*. El colorante utilizado fue Congo Red.

**Tabla 3.***Colorantes utilizados en el tratamiento con P. chrysosporium.*

<b>Autor / Autores</b>	<b>Colorante</b>	<b>Porcentaje de remoción (%)</b>
Shah et al.	Direct Red 31	68
Shinkafi et al.	Congo Red	100
Shinkafi et al.	Direct Blue 80	90

*Nota:* Se muestra los autores, colorante utilizado y su porcentaje de remoción.

## CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En el presente estudio se realizó un análisis de los hongos ligninolíticos *P. ostreatus* y *P. chrysosporium* como degradadores de colorantes textiles; además de evaluar su remoción de DQO y DBO<sub>5</sub>. Como demuestran los valores obtenidos, la aplicación de estos microorganismos en el tratamiento de aguas provenientes de la industria es una alternativa eficiente para remover los parámetros considerados. A continuación, se presenta el desarrollo de los objetivos planteados con su respectivo resultado.

Como se observa en la Figura 2, la mayor remoción de colorante en los tratamientos donde se utilizó el hongo *P. ostreatus*, fue hallada por Vallejo (2021), quien obtuvo un porcentaje de remoción de 94.4%. El mismo hongo fue utilizado por Ruiz et al. (2018) quien evaluó el porcentaje de remoción de colorante a diferentes concentraciones, siendo el valor más alto 84,76%. Además, en la Figura 3, para el hongo *P. chrysosporium*, el autor que obtuvo una mayor remoción fue Shinkafi et al. (2015) con un porcentaje de 100%. Este resultado concuerda con el obtenido por De Cássia et al. (2013) quien también obtuvo un amplio porcentaje de remoción de colorante con 95%, utilizando el mismo microorganismo.

En cuanto a la remoción de DBO<sub>5</sub> y DQO, en la Figura 4 y Figura 6, las cuales corresponden a los tratamientos realizados usando el hongo *P. ostreatus* el autor que obtuvo una mayor disminución de los valores para ambos parámetros fue Chaparro (2013), quien reportó un porcentaje de 78% para DBO<sub>5</sub> y 74% para DQO. Por otro lado, en las Figuras 5 y 7, el investigador que obtuvo los resultados más favorables utilizando *P. chrysosporium* fue Maruthi et al. (2012), ya que presentó un 93,33% para DBO<sub>5</sub> y 87,17% para DQO. El

que *P. ostreatus* haya obtenido los porcentajes más altos de remoción se debe a los procesos de adsorción por parte de la biomasa (principalmente de colorantes ácidos y dispersos) y por degradación enzimática de los colorantes (Chaparro, 2013).

Por otro lado, para darle respuesta al segundo objetivo planteado, se realizó un análisis de correlación entre el porcentaje de remoción de colorante y las condiciones de pH, concentración de colorante y tiempo.

Con respecto al pH, plasmado en la Figura 9, se demostró que para el tratamiento con *P. chrysosporium* la relación fue nula; lo cual demuestra que independientemente del pH en el efluente, el hongo realiza una remoción de colorante efectiva. Además, Vallejo (2017) indica que ni los componentes aplicados para mejorar la fijación del color (acidez) ni los colorantes (basicidad) adicionados al baño de tintura alteran la concentración de iones hidrógeno en el efluente pudiéndose considerar la aplicación directa de los tratamientos; inclusive si el pH se mantiene en un rango ácido.

En la Figura 8, vinculada a *P. ostreatus*, la relación entre el pH y porcentaje de remoción fue negativa; lo cual indica que a medida que disminuye el pH, la decoloración aumenta. Ello corrobora lo mencionado por Cerrón (2014), ya que señala que la mayor decoloración se da en efluentes con un pH menor debido a que el sistema ligninolítico de los hongos de pudrición blanca involucrados en la decoloración tienden a tener valores óptimos por debajo de pH 7.

En lo que concierne al factor de concentración de tinte, graficado en las Figuras 10 y 11, se determinó que para el estudio con ambos hongos la correlación fue negativa. Es decir, a medida que aumenta la concentración, el porcentaje de remoción es menor. En los resultados presentados por Orozco (2018), se obtuvo que la concentración de colorante no afectaba significativamente la decoloración; sin embargo, con la concentración de 100ppm, la cual fue la de menor valor, el porcentaje de degradación fue mayor con un 98,56%.

Para la variable del tiempo, la cual se puede apreciar en las Figuras 12 y 13, se evidenció que, para el estudio con el hongo *P. ostreatus* existe una correlación negativa entre este factor y el porcentaje de remoción de colorante. Sin embargo, para el hongo *P. chrysosporium*, el valor de correlación fue positivo, lo que demuestra que a medida que aumenta el tiempo de contacto, el porcentaje de remoción también incrementa. Lo cual comprueba lo hallado por De Cássia et al. (2013), quien observó que en 5 días de tratamiento con *P. chrysosporium*, el porcentaje de remoción fue de 69%; sin embargo, a los 10 días, un 95% de colorante fue removido en el efluente.

Como resalta Ruiz (2018), esta variabilidad se presentará siempre, ya que cada microorganismo actúa de forma diferente de acuerdo con las condiciones del medio, al colorante usado, o a la concentración. Lo cual se demuestra en la presente investigación con los resultados presentados.

En las Tablas 2 y 3, relacionadas al colorante que presentó una mayor remoción por parte de ambos hongos, se mostró que para *P. ostreatus* el autor Vallejo (2021) trabajó con el tinte Rojo 23 y Shinkafi et al. (2015) utilizó Congo Red en el tratamiento con *P.*

*chryso sporium*. Se puede observar que el colorante con mayor remoción se encuentra en las tonalidades de rojo, demostrando que estos hongos ligninolíticos tienen una mayor eficiencia con este tipo de tinturas textiles. Como resalta Orozco (2018), la variación en la decoloración de diferentes tintes se debe a la diversidad estructural de los colorantes utilizados. Los cuales tienen estructuras más simples y de bajo peso molecular, exhiben mayores tasas de eliminación de color, respecto a los que presentan estructuras más complejas y de alto peso molecular.

Por otra parte, en el desarrollo de la presente investigación se presentaron limitaciones; una de ellas es la relacionada con la búsqueda de fuentes que hayan tratado el tema propuesto; además que contengan la información necesaria para dar respuesta a los objetivos planteados y se encuentren dentro del periodo de tiempo especificado. Además, algunos de los estudios que cumplieron con las condiciones de selección contaban con información parcial; por ejemplo, la gran parte de investigaciones no contó con datos de valores iniciales y finales de los parámetros evaluados, en lugar de ello solo presentaron uno de los valores o el porcentaje de remoción.

Las implicancias que conlleva este estudio se relacionan al beneficio de contar con información recopilada y analizada sobre el efecto de los hongos ligninolíticos en la remoción de colorantes textiles; así como cuáles de estos colorantes son los que favorecen esta reducción. Además de la correlación entre la remoción y diferentes condiciones para el tratamiento. Ello permitirá usar estos datos como un recurso relevante para la investigación experimental y continuar con el estudio de esta tecnología que demuestra resultados óptimos para reducir el impacto que genera la industria del textil en los ecosistemas acuáticos.

Además de caracterizarse por su accesibilidad relacionada al aspecto económico y a la obtención de este tipo de microorganismo, los cuales se caracterizan por su resistencia a diferentes condiciones favoreciendo la remoción de diversos contaminantes en efluentes.

## Conclusiones

Los hongos ligninolíticos analizados *P. chrysosporium* y *P. ostreatus* son efectivos degradadores de colorantes textiles.

El hongo *P. chrysosporium* consiguió una remoción de colorante de 100%, para DBO<sub>5</sub> fue de 93,33% y para DQO un 87,17%. Por otro lado, el hongo *P. ostreatus* alcanzó una remoción de colorante de 94.4%, DBO<sub>5</sub> de 78% y DQO de 74%.

En cuanto a la relación entre remoción de colorante y los factores, se determinó que en ambos hongos la concentración de tinte debe ser menor para una mayor remoción. Al igual que el pH para *P. ostreatus*; sin embargo, con *P. chrysosporium*, se evidenció que esta variable no influye. Con respecto al tiempo, se identificó una correlación negativa con *P. ostreatus*; a diferencia de *P. chrysosporium*, cuya relación fue positiva.

Los colorantes que obtuvieron una mayor remoción fueron Rojo 23 y Congo Red. El primero fue removido por *P. ostreatus*, mientras que el segundo fue empleado en la investigación con el hongo *P. chrysosporium*.

## Referencias

- Bernardo, A. (2022). Tratamiento de aguas residuales en una fábrica textil por oxidación avanzada (Fenton) [Tesis de Pregrado, Universidad Científica del Sur]. <https://repositorio.cientifica.edu.pe/handle/20.500.12805/2510>
- Carbajo, L. y Ponce, M. (2021). Influencia de la intensidad de luz y concentración microalgal en la remoción de azul de anilina utilizando microalga *Chlorella vulgaris* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Trujillo]. <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/17370>
- Cardona, J., Higueta, L. y Rios, L. (2016). *Revisiones sistemáticas de la literatura científica: la investigación teórica como principio para el desarrollo de la ciencia básica y aplicada*. Ediciones Universidad Cooperativa de Colombia. <http://dx.doi.org/10.16925/9789587600377>
- Cerrón, L. (2014). Aislamiento y selección de basidiomicetos con capacidad de decoloración de tintes azoicos. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/2348>
- Chaparro, L. (2013) Evaluación de un co-cultivo lignocelulosico para la remoción de colorantes azoicos por 3 ciclos de operación. [Tesis de Pregrado, Pontificia Universidad Javeriana]. <http://hdl.handle.net/10554/11832>

- Cortázar, A., González, C., Coronel, C., Escalante, J., Castro, J., y Villagómez, J. (2012). Biotecnología aplicada a la degradación de colorantes de la industria textil. *Universidad y ciencia*, 28(2), 187-199. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0186-29792012000200009&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0186-29792012000200009&script=sci_arttext)
- De Cássia, R., De Barros, E., Pereira, N., Marin, M., Gomes, K. y Buarque, N. (2013). Biotreatment of textile effluent in static bioreactor by *Curvularia lunata* URM 6179 and *Phanerochaete chrysosporium* URM 6181. *Bioresource technology*, 142, 361-367. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2013.05.066>
- Gaitán, R., Salmones, D., Pérez, R. y Mata, G. (2006). *Manual práctico del cultivo de setas: aislamiento, siembra y producción*. Instituto de Ecología AC. [http://www1.inecol.edu.mx/cv/CV\\_pdf/libros/Manual\\_PleurotusGaitan.pdf](http://www1.inecol.edu.mx/cv/CV_pdf/libros/Manual_PleurotusGaitan.pdf)
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, M. (2010). Metodología de la Investigación. (5<sup>a</sup> ed). McGraw-Hill. <http://repositorio.uasb.edu.bo:8080/handle/54000/1210>
- Kravetz, S., Giorgi, A., y González, B. (2016). Evaluación de una matriz para decolorar efluentes textiles utilizando *Pleurotus ostreatus*. *Gestión y Ambiente*, 19(2), 252-263. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/56223>
- Kumbasar, E. A., y Korlu, A. (Eds.). (2016). *Textile wastewater treatment*. BoD–Books on Demand. [https://books.google.com.pe/books?id=1GqQDwAAQBAJ&dq=Textile+wastewater+treatment+kumbasar&lr=&hl=es&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.com.pe/books?id=1GqQDwAAQBAJ&dq=Textile+wastewater+treatment+kumbasar&lr=&hl=es&source=gbs_navlinks_s)

- Kunjadia, P. D., Sanghvi, G. V., Kunjadia, A. P., Mukhopadhyay, P. N., y Dave, G. S. (2016). Role of ligninolytic enzymes of white rot fungi (*Pleurotus* spp.) grown with azo dyes. *SpringerPlus*, 5, 1-9. <https://doi.org/10.1186/s40064-016-3156-7>
- Larios, R. (2019). El reto de la sostenibilidad en la industria textil y de la moda. *Mundo Textil*, (159), 36-40. <https://hdl.handle.net/20.500.12724/10185>
- López, S. y Martín, S. (2017). *UF1666-Depuración de aguas residuales*. Editorial Elearning, SL. [https://books.google.com.pe/books?id=9cJWDwAAQBAJ&dq=agua+residual+industrial&hl=es&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.com.pe/books?id=9cJWDwAAQBAJ&dq=agua+residual+industrial&hl=es&source=gbs_navlinks_s)
- Maruthi, Y., Hossain, K., y Sultana, M. (2012). Optimization studies on pollution abatement: biodegradation of nitroso dye effluents by two fungi (*Phanerochaete chrysosporium* & *Trametes hirsuta*) under static conditions. *Int J Pharm Pharm Sci*, 4(5), 262-267. <https://innovareacademics.in/journal/ijpps/Vol4Suppl5/4896.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 [Tesis de Pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/10547>
- Ministerio de la Producción (2015). Estudio de investigación del sector textil y confecciones. (Publicación N° 2017 – 03181). Recuperado de <https://ogeiee.produce.gob.pe/index.php/en/oe-documentos-publicaciones/documentos-de-trabajo/item/725-textil-y-confecciones>

- Nunes, C. y Kumar, V. (Eds.). (2018). *Enzymes in human and animal nutrition: principles and perspectives*. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805419-2.00017-4>
- Orozco, K. (2018). Biodegradación de colorante azul directo por consorcios bacterianos aislados de un efluente textil de Lima, Perú [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/8807>
- Osornio, K., Ávila, M., Castañeda, M., Cruz, M. y Espinoza, M. (2020). Decoloración del colorante disperso Azul Navy contenido en un efluente textil. *Revista Tendencias en Docencia e Investigación en Química*, 6(6), 642. <http://hdl.handle.net/11191/7776>
- Rodríguez, J. T. y Cohrs, D. P. (2005). Microbiología: lo esencial y lo práctico. Organización Panamericana de la Salud. <https://iris.paho.org/handle/10665.2/51601>
- Ruiz, L., Iannacone, J., Tocto, I., Ruiz, A., y Harirchian, P. (2018). Acción de *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr) Kumm en la remoción del colorante Azul Turquesa en biorreactores air lift. *The Biologist*, 16(2), 221-235. <https://doi.org/10.24039/rtb2018162244>
- Sanca, M. (2011). Tipos de investigación científica. *Revista de Actualización Clínica Investiga Boliviana*, 12, 621-624. [http://www.revistasbolivianas.ciencia.bo/scielo.php?pid=S2304-37682011000900011&script=sci\\_abstract&tlng=es](http://www.revistasbolivianas.ciencia.bo/scielo.php?pid=S2304-37682011000900011&script=sci_abstract&tlng=es)
- Sánchez, R. (2016). Evaluación de hongos con capacidad biodegradadora de colorantes industriales [Tesis de Pregrado, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla] <https://repositorioinstitucional.buap.mx/handle/20.500.12371/12763>

Shah, M. K., Darshan, T. D. y Bajpai, B. (2013). A comparative study on decolourization of industrial dyes and real textile wastewater by white rot and non-white rot fungi. *Asian Journal of Water, Environment and Pollution*, 10(4), 77-87.

Shinkafi, M. S., Mohammed, I. U., & Audu, A. A. (2015). The potentials of white-rot fungi to decolorizing azo dyes and organic components of textile effluents. *European Journal of Biotechnology and Bioscience*, 3(10), 52-57.

Singh, H. (2006). *Mycoremediation: fungal bioremediation*. John Wiley & Sons.  
[https://books.google.com.mx/books?id=WY3YvfNoouMC&dq=Mycoremediation:+Fungal+Bioremediation&lr=&hl=es&source=gb\\_s\\_navlinks\\_s](https://books.google.com.mx/books?id=WY3YvfNoouMC&dq=Mycoremediation:+Fungal+Bioremediation&lr=&hl=es&source=gb_s_navlinks_s)

Vallejo, A. (2017). Evaluación de la eficacia del hongo *Phanerochaete chrysosporium* en la biodegradación de colorantes azoicos del efluente de la industria textil [Tesis de Pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]  
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/7020>

Vallejo, M. (2021). Utilización de lacasa de *Pleurotus ostreatus* y su biomasa residual para la degradación de colorantes azoicos y la remoción de metales en aguas residuales. [Tesis de Doctorado, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla]  
<https://hdl.handle.net/20.500.12371/12695>

Viñán, J., Navarrete, F., Puente, M., Pino, S. y Caicedo, F. (2018). Metodología de la investigación científica como instrumento en la producción y realización de una investigación. *Revista Atlante: Cuadernos de Educación y Desarrollo* (2° Época).  
<https://www.eumed.net/rev/atlante/2018/05/investigacion-cientifica.html>

Von Ziegler, B., Espinosa, T. e Islas, A. (2022). Aplicación de hongos ligninolíticos para la biorremediación de aguas contaminadas con colorantes. *Contactos, Revista de Educación en Ciencias e Ingeniería*, (124), 15-33.  
<https://contactos.izt.uam.mx/index.php/contactos/article/view/196>

Zuleta, A., Merino, A., Jiménez, S., Hormaza, A. y Cardona, S. (2016). Utilización de hongos de la podredumbre blanca en la degradación de un colorante tipo azo de la industria textil. *DYNA*, 83 (198), 128-135.  
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/57570>

## Anexos

**Tabla 4.**

*Matriz de operacionalización de variables*

**ESTUDIANTE:** Belén Nicole Leiva Añorga

<b>TÍTULO: “Análisis de los hongos ligninolíticos como degradadores de colorantes textiles”</b>					
<b>VARIABLES</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICIÓN OPERACIONAL</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>ESCALA DE MEDICIÓN</b>
<b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b> <b>Degradación de colorantes textiles</b>	Son tintes sintéticos usados para la coloración textil, y otras aplicaciones industriales, su diversa estructura deriva de la presencia de algún grupo cromóforo. (Sánchez, 2016)	Los efluentes con estos colorantes presentan alta concentración de demanda química de oxígeno (DQO), color fuerte, pH elevado y baja biodegradabilidad. (Kumbasar y Korlu, 2016, p.2)	Parámetros	Porcentaje de remoción de color, DBO <sub>5</sub> y DQO	%
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b> <b>Hongos ligninolíticos</b>	Los hongos de pudrición blanca son los degradadores de lignina más importantes en la naturaleza. (Singh, 2006, p.85)	Cuentan con capacidad de decoloración, debido a la secreción de enzimas ligninolíticas extracelulares. (Singh, 2006, p.85)	Cuantificación de hongos	Conteo de unidades formadoras de colonias	UFC

**Tabla 5.**

*pH y porcentaje de remoción de colorante usando P. ostreatus.*

<b>Autor / Autores</b>	<b>pH</b>	<b>Porcentaje de remoción (%)</b>
Chaparro	4	88
Zuleta et al.	7	69,3
Kunjadia et al.	6	78,4
Kunjadia et al.	6	89
Kunjadia et al.	6	88,1
Medina	3.2	90,93
Vallejo, M.	5.5	94,4

*Nota:* Se muestran los datos empleados para el análisis de correlación.

**Tabla 6.**

*pH y porcentaje de remoción de colorante usando P. chrysosporium.*

<b>Autor / Autores</b>	<b>pH</b>	<b>Porcentaje de remoción (%)</b>
Maruthi et al.	12.09	79.51
Chaparro	4	72
Shah et al.	5	68
Shah et al.	5	62
Shinkafi et al.	5	100
Shinkafi et al.	5	99,6
Vallejo, A.	7	90

*Nota:* Se muestran los datos empleados para el análisis de correlación.

**Tabla 7.**
*Concentración de colorante y remoción usando P. ostreatus.*

<b>Autor / Autores</b>	<b>Concentración de colorante (ppm)</b>	<b>Porcentaje de remoción (%)</b>
Zuleta et al.	800	69,3
Kunjadia et al.	20	78,4
Kunjadia et al.	20	89
Kunjadia et al.	20	88,1
Medina	150	90,93
Vallejo, M.	50	94,4

*Nota:* Se muestran los datos empleados para el análisis de correlación.

**Tabla 8.***Concentración de colorante y remoción usando P. chrysosporium.*

<b>Autor / Autores</b>	<b>Concentración de colorante (ppm)</b>	<b>Porcentaje de remoción (%)</b>
Shah et al.	100	68
Shah et al.	100	62
Shinkafi et al.	0.026	100
Shinkafi et al.	0.026	99,6

*Nota:* Se muestran los datos empleados para el análisis de correlación.

**Tabla 9.**
*Tiempo y porcentaje de remoción de colorante usando P. ostreatus.*

<b>Autor / Autores</b>	<b>Tiempo (días)</b>	<b>Porcentaje de remoción (%)</b>
Chaparro	2	88
Zuleta et al.	25	69,3
Kunjadia et al.	12	78,4
Kunjadia et al.	12	89
Kunjadia et al.	12	88,1
Medina	18	90,93
Vallejo, M.	14	94,4

*Nota:* Se muestran los datos empleados para el análisis de correlación.

**Tabla 10.**
*Tiempo y porcentaje de remoción de colorante usando P. chrysosporium.*

<b>Autor / Autores</b>	<b>Tiempo (días)</b>	<b>Porcentaje de remoción (%)</b>
Maruthi et al.	15	79.51
Chaparro	2	72
Shah et al.	7	68
Shah et al.	7	62
Shinkafi et al.	12	100
Shinkafi et al.	12	99,6
Vallejo, A.	6	90

*Nota:* Se muestran los datos empleados para el análisis de correlación.