



Universidad

César Vallejo

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Hongos útiles en la degradación de colorantes en efluentes de la
industria textil: Una revisión sistemática**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
Ingeniero Ambiental

AUTORES:

Mendoza Medina, Hilbert Jordy (ORCID: 0000-0001-6012-7423)

Torres Castillo, Paulo César (ORCID: 0000-0003-0154-7844)

ASESOR:

M.Sc. Solórzano Acosta, Richard Andi (ORCID: 0000-0003-3248-046X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y Gestión de Residuos

LIMA - PERÚ

2021

DEDICATORIA

A Dios, por ayudarnos cuando nos decaíamos, a nuestros padres, por su apoyo incondicional y amor; y a todas las personas que siempre nos daban ánimos a perseguir nuestros sueños.

AGRADECIMIENTO

Nuestra gratitud al M.Sc. Solórzano Acosta Richard Andi por su ayuda, paciencia y empatía con nosotros a lo largo del desarrollo de esta investigación; asimismo, a todos los docentes que nos brindaron sus conocimientos desde el inicio de nuestra carrera profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA.....	11
3.1 Tipo y diseño de investigación.....	12
3.2 Categorías, subcategorías y matriz de categorización apriorística.....	12
3.3 Escenario de estudio.....	13
3.4 Participantes	14
3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	14
3.6 Procedimientos	15
3.7 Rigor científico.....	16
3.8 Método de análisis de información	17
3.9 Aspectos éticos	18
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	19
V. CONCLUSIONES.....	66
VI. RECOMENDACIONES	69
REFERENCIAS	71
ANEXOS	82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Tipos de contaminantes textiles</i>	7
Tabla 2 <i>Clasificación de los colorantes</i>	8
Tabla 3 <i>Clasificación por consecuencia en la salud</i>	9
Tabla 4 <i>Clasificación de enzimas</i>	10
Tabla 5 <i>Matriz de categorización</i>	12
Tabla 6 <i>Artículos originales seleccionados sobre especies de hongos reportados por su capacidad degradadora de colorantes en efluentes textiles</i>	20
Tabla 7 <i>Especies de hongos útiles en la degradación de colorantes en efluentes de la industria textil</i>	28
Tabla 8 <i>Eficiencia de degradación de colorantes en efluentes de la industria textil</i>	45
Tabla 9 <i>Naturaleza de los colorantes en efluentes textiles susceptibles de degradación por hongos</i>	58

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

DQO : Demanda Química de Oxígeno

DBO : Demanda Biológica de Oxígeno

SST : Sólidos Suspendidos Totales

SDT : Sólidos Disueltos Totales

ATP : Adenosín Trifosfato

MDPI : Multidisciplinary Digital Publishing Institute

FBCC : Colección de Cultivos de Biotecnología Fúngica

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue identificar los hongos útiles en la degradación de colorantes provenientes de la industria textil. Se llevó a cabo una revisión sistemática haciendo uso de la metodología PRISMA con la base de datos entre los años de 2000 a 2021, de los cuales se escogieron 43 artículos. Obteniendo como resultado, que los hongos útiles en la degradación de colorantes son *Phanerochaete veluntina*, *Fusarium oxysporium*, *Aspergillus flavus* JKSC-7, *Sterigmatomyces halophilus* SSA-1575, *Aspergillus niger* MTCC 1344, *Aspergillus carbonarius* M333, *Ganoderma lucidum*, *Trametes versicolor* CDBB-H1051, *Trichoderma tomentosum*, *Bjerkandera adusta* OBR 105, *Trametes versicolor* CBR43, *Leptosphaerulina* sp, *Aspergillus niger*, *Heterobasidión insulare*, *Ganoderma* sp.y *Pleurotus* sp. Por otra parte, se evidencio que la eficiencia de estos hongos va a depender de la presencia de un catalizador, el nivel de aplicación, el sistema de degradación, el tipo de colorante y al volumen de operación. Por último, los colorantes susceptibles a la degradación son Acid black 172, Acid blue 62, Acid orange 7, Acid red 114, cid Red 3, reactive orange 16, Reactive orange 122 y el Reactive blue 49. Llegando a la conclusión que los hongos de pudrición blanca encontrados son excelentes degradadores de colorantes azoicos provenientes de la industria textil.

Palabras clave: Efluente textil, decoloración, recalcitrancia

ABSTRACT

The objective of the research was to identify useful fungi in the degradation of dyes from the textile industry. A systematic review was carried out using the PRISMA methodology with the database between the years 2000 to 2021, from which 43 articles were chosen. Obtaining as a result that the useful fungi in the degradation of dyes are *Phanerochaete veluntina*, *Fusarium oxysporium*, *Aspergillus flavus* JKSC-7, *Sterigmatomyces halophilus* SSA-1575, *Aspergillus niger* MTCC 1344, *Aspergillus carbonarius* M333, *Ganoderma-vers*1051 *tomentos* CD *adusta* OBR 105, *Trametes versicolor* CBR43, *Leptosphaerulina* sp, *Aspergillus niger*, *Heterobasidió*n *insulare*, *Ganoderma* sp. and *Pleurotus* sp. On the other hand, it is evident that the efficiency of these fungi will depend on the presence of a catalyst, the level of application, the degradation system, the type of colorant and the operating volume. Finally, the dyes susceptible to degradation are Acid Black 172, Acid Blue 62, Acid Orange 7, Acid Red 114, Cid Red 3, Reactive Orange 16, Reactive Orange 122 and Reactive Blue 49. Concluding that fungi of white rot found are excellent degraders of azo dyes from the textile industry.

Keywords: Textile effluent, discoloration, recalcitrance

I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial la industria textil está presente en todo el mundo debido a la actividad económica que genera (Selim et al., 2021). Sin embargo, esta usa grandes cantidades de agua debido a los procesos que lleva a cabo, donde generalmente usa 10 a 20 l de agua para 1 kg de tela (Selim et al., 2021) pero para los jeans y vestidos usa aproximadamente 7500 l (ONU) y 93 000 000 de m³ de agua por año respectivamente (UNCTAD). En todo este proceso anualmente se mezcla 120 000 toneladas de color textil con agua (Wesenberg et al.,2002) y, por si fuera poco, esta industria genera el 20% de efluentes contaminantes que existen en el mundo (UNCTAD) de la cual estos efluentes generados contienen metales pesados, tintes y otros productos químicos que son recalcitrantes (Munir et al., 2017), de esta gama de compuestos el que más genera efluentes son los tintes (Demir et al., 2007) como tal, en Brasil se genera 700000 tn de efluentes por tintes (Lyra et al., 2009) y de estos un 60 a 70% son los tintes azoicos que son los contaminantes (Casas et al.,2007) debido a que en condiciones degradantes forman aminas (Unal et al., 2021) y a su alta densidad se convierten en elementos tóxicos llegando a causar efectos cancerígenos y mutagénicos (Demir et al.,2004) mientras que su afectación al medio acuático se da desde cantidad ínfimas ,10 a 50 mg/L, (Amaral et al., 2004) haciendo que la fotosíntesis no se pueda dar con normalidad (Demir et al., 2007).

Por ello, a lo largo de los años se ha tratado de decolorar este subproducto contaminante usando diversos métodos combinados, ya que, por un solo método no se ha logrado un gran porcentaje de remoción, como tal, el uso de métodos físicos y químicos como la coagulación-floculación, oxidación, filtración y métodos electroquímicos son más costosos y tienen problemas operativos como el de intermedios tóxicos, menor eficiencia de remoción y mayor especificidad para un grupo de tintes (Amaral et al., 2004). Además, de que la coagulación y la adsorción, no decoloran el tinte del efluente, sino que generan lodos (Park et al., 2007) y si se da una mala difuminación de los tintes textiles traería grandes afectaciones negativas al ecosistema (Gomaa et al.,2008) debido a que la presencia de los tintes en el agua eleva las concentraciones de DQO, DBO (Faraco et al., 2009).

Ante esta situación, se ha empezado a buscar nuevas alternativas, donde la más resaltante es la biodegradación, ya que, emplea microorganismos y, además, es de bajo costo, con una alta eficiencia y sin subproductos peligrosos hacia el medio ambiente (Qin et al., 2019). Como tal, se ha evidenciado que el hongo puede degradar muchos contaminantes y de decolorar tintes, debido a su sistema enzimático extracelular, inespecífico y no estereoselectivo (Park et al., 2007). En Brasil se comenzaron a realizar pruebas para decolorar efluentes reales y sintéticos utilizando hongos, *Trametes versicolor*, donde la remoción del color fue de 92% y 97% respectivamente (Amaral et al., 2004)

Por lo expuesto anteriormente, nos planteamos la siguiente pregunta: ¿Cuáles son los hongos útiles en la degradación de colorantes en efluentes de la industria textil?

Esta revisión tiene una importancia social debido a que todas las personas interesadas en decolorar los tintes generados por los efluentes de la industria textil, nocivos para el ecosistema, conocerán qué tipo de microorganismo fúngico son los más eficientes al momento de realizar la remoción del color y en el caso práctico, se dará mediante una reducción de la formación de lodos al momento de decolorar con los microorganismos fúngicos en comparación con los métodos convencionales (coagulación y adsorción).

Finalmente, la justificación radica en que no se cuenta con una lista específica del género y especie de hongos empleados para decolorar los efluentes de la industria textil otorgando así el aporte de identificar los tipos de microorganismos fúngicos que tengan la propiedad de decolorar. Además, conocer los microorganismos fúngicos que tienen el mayor porcentaje de eficiencia para decolorar los tintes empleados en la industria mencionada. Asimismo, beneficiará a las personas dedicadas a tratar los efluentes de este tipo de industria conocerán una diversidad de hongos para decolorar los efluentes textiles. Por ello, nos planteamos lo siguiente: Identificar los hongos útiles en la degradación de colorantes provenientes de la industria textil.

II. MARCO TEÓRICO

Amaral et al., (2004) nos dice que realizaron una investigación que consistía en decolorar el agua residual sintética y un efluente real de la industria textil de Rio de Janeiro (Brasil) empleando el *Trametes versicolor*. Para la preparación del agua sintética se empleó reactive orange 4, remazol red 3B y remazol black GG. Llegando a obtener una eficiencia de remoción de 97% para el agua sintética (100 mg/L de tinte) y un 92% para el efluente verdadero (50mg/L de tinte) utilizando el *trametes versicolor*.

Asimismo, Demir et al.,(2004) lograron reducir el color, DQO y la presencia de grupos aromáticos del efluente textil de la empresa Dystar (Turquía), en la cual contenía el tinte Remazol Red RR, para ello emplearon el *phanerochaete chrysosporium* que es un hongo de pudrición blanca que fue aislado de productos forestales de los EE.UU. Llegaron a presenciar que la reducción del DQO fue de 96% de eficiencia, de los grupos aromáticos solo se pudo alcanzar un 56%, mientras que en la reducción de color se logró un 72 %, evidenciando que dicho hongo es una buena alternativa para eliminar este tipo de tinte.

Si como, Jin et al., (2007) propusieron evaluar la decoloración de los tintes Negro Reactivo RC, Amarillo reactivo HF2-GL, azul reactivo BGFN, negro reactivo B-150 y rojo reactivo encontrados en un efluente de una empresa china que emplea tintes textiles, para lograr dicho objetivo de empleo *Aspergillus fumigatus* XC6 la cual fue obtenida de la paja de arroz. Concluyendo que dicho hongo podría ser una excelente alternativa para el tratamiento de efluentes textiles.

Seguidamente, Nilsson et al., (2006) nos cuenta que hicieron una investigación, cuya finalidad fue establecer un proceso simple y continuo que permita decolorar los tintes textiles en un agua residual sintética y una real proveniente de un efluente textil de Tanzania empleando hongos. Para producir el agua sintética se empleó el reactive blue 4 y el reactive red 2 entre 0.2-0.5 g/l de cada colorante. Los hongos fueron *P. sajor-caju*, *P. chrysosporium* , *P. flabellatus* y *T. versicolor*. Llegando a demostrar que estos tres últimos tuvieron una eficiencia de decoloración del 70%, por ende, resaltan que estos organismos son muy útiles para tratar un efluente de la industria textil.

Selim et al., (2021) buscaron disminuir el DQO, DBO, SST, SDT y la decoloración de efluentes textiles crudos tomados de Egipto, mediante el uso de *Aspergillus flavus* y *Fusarium oxysporium*, que fueron obtenidos de suelos con teñido textil. Para ello, primeramente, se aislaron 21 hongos empleando un gramo de suelo y un agar dextrosa incubando durante 5 días a $28\pm 2^{\circ}\text{C}$, finalmente se inoculó en 100 ml de agua residual, llegando a la conclusión que los organismos previamente mencionados tienen un alto potencial para reducir de los contaminantes anteriormente dichos, llegando a confirmar que el empleo de estos hongos son una excelente alternativa para el tratamiento de este tipo de efluentes.

Ma et al., (2014) se propusieron decolorar y desintoxicar un colorante reactivo orange 16 mediante el uso *Ganoderma sp.* Para ello, aislaron al hongo del bosque de la montaña que está ubicado en China y, además, se utilizó los efluentes de una fábrica textil de jeans que contiene colorante índigo y se simuló otro efluente con contenido del colorante mencionado. Llegando a evidenciar que la eficiencia de este microorganismo fúngico en el agua simulada estaba entre 73.2 y 89.5%, mientras que para el efluente real se obtuvo 85.1 % de decoloración. Por ende, este hongo es apto para decolorar tanto el tinte mencionado como un efluente auténtico.

Plácido et al., (2016) se establecieron aislar hongos nativos de Colombia y evaluar la efectividad de estas en tintes sintéticos y en efluentes de una industria textil colombiana (Fabricato-Tejicondor S.A). Para ello llegaron a aislar 92 microorganismos fúngicos y se empleó los tintes novacron red, remazol black y azul turquesa. Concluyendo que el mejor hongo para degradar el color fue *Leptosphaerulina sp*, ya que obtuvo un 90 % de eficiencia para el efluente real y de 20 a 80% de los tintes empleados mediante la producción de lacasa y peroxidasa, llegando a confirmar que es importante considerar a este hongo en el tratamiento de efluentes textiles.

Por otro lado, en la presente revisión se tiene en cuenta los siguientes conceptos: Agua residual textil, es aquel subproducto que se genera al finalizar el proceso, este contiene muchos componentes como el tinte, impurezas de las fibras, productos artificiales agregados durante el proceso y de la limpieza de máquinas (Gilabert, 2020), todos estos componentes al culminar su función son transportados en el efluente llegando a parar en los cuerpos de aguas (Ali et al., 2008). Entonces, esta industria libera grandes volúmenes de sustancias que alteran negativamente el agua debido a la diversidad de componentes que contiene a consecuencia de la naturaleza de estos mismos.

Tabla 1. Tipos de contaminantes textiles

Operación	Productos vertidos
Desencolado	Almidón, grasas, ceras, enzimas, sales, humectantes, PAV, CMC
Descrudado	Bases, fosfatos, humectantes, tensoactivos
Blanqueado	Peróxidos, clorados, bases, silicatos, ABF, antiespumantes, humectantes, tensoactivos
Mercerizado	Bases, glúcidos
Tintura y estampación	Colorantes, ácidos, bases, sales, oxidantes, reductores, humectantes, aromáticos
Aprestos y acabados	Reticulantes, antisépticos, orgánicos, halogenados, formaldehído
Lavado	----

Fuente: Gilaber, 2020

El proceso de tintura y estampación que se da en la industria textil, son los causantes de que se genere la presencia de los colorantes en esta industria, ya que, para el teñido de tejidos en su gran mayoría, usan tintes muy contaminantes que son solubles al agua (Blanco et al., 2018). Donde estos colorantes cuentan con la siguiente clasificación:

Tabla 2. Clasificación de los colorantes

Tinte	Fibra	Color
Ácido	Seda, lana y otras fibras	Amarillo ácido 23, negro ácido 48, negro ácido 63, violeta ácido 17)
Básico	Lana y seda, nailon y poliéster	Rojo básico 46, marrón básico 1
Directo	Algodón, lana, lino o cuero	Negro directo 38, naranja directo 34
Tina	Algodón, lino, lana y rayón	Azul Tina 6, verde Tina 1
Reactivos	Algodón, seda y lanas	Rojo 141, amarillo 84, azul 198, naranja 84
Azufre	Algodón	Negro de azufre, verde azufre 3,
Mordante	Algodón	Negro natural 1, Azul mordante3, azul mordante 14, rojo mordante 3
Azoico	Algodón y rayón	Naranja disperso 1, naranja de metilo

Fuente: Nikfar y Jaberidoost, 2014

De la misma manera, algunos tintes pueden llegar a causar daño a la piel provocando alergias e inclusive hasta ser cancerígenos, debido a que las prendas textiles como calcetines, blusas, vestidos, chaquetas y pantalones, están en contacto directo y prolongado con la piel. Por ello, surgió la siguiente tabla.

Tabla 3. Clasificación por consecuencia en la salud

Cancerígenos	Alergénicos
Acid red 26	Disperse blue 3
Basic red 9	Disperse blue 7
Basic Violet 14	Disperse blue 26
Direct violet 14	Disperse blue 35
Direct blue 6	Disperse blue 102
Direct negro 38	Disperse orange 1
Direct red 28	Disperse orange 3
Disperse blue 1	Disperse red 1
Disperse orange 11	Disperse yellow 1
Disperse yellow 3	Disperse yellow 9

Fuente: Nikfar y Jaberidoost, 2014

Asimismo, este efluente sigue alcanzando niveles alarmantes de contaminación y las medidas para reducir el consumo de agua están cambiando o modificando procesos, logrando la disminución de concentración de los subproductos en el agua, ya que, se está utilizando sólo las cantidades óptimas de tinte.

Lamentablemente estas medidas no son suficiente, por ello, se viene empleando diversos tratamientos para remediar, donde uno de ellos es el uso de microorganismos fúngicos, que son eucariotas heterótrofos O (eucariotas heterótrofos) que emiten una gran cantidad de enzimas, debido a que esta enzima puede ser biocatalizadores, es decir, aceleran las reacciones químicas, además, son más eficaces que los catalizadores no biológicos (Plou,2016). Por

ello, pueden ser utilizados para tratar este tipo de efluentes, donde principalmente se usa para minimizar la concentración del color o cualquier otro contaminante presente en el efluente (Sodaneath et al., 2017). Estas enzimas cuentan con una clasificación según sus reacciones, que a continuación se mencionan.

Tabla 4. Clasificación de las enzimas

Tipo de enzima	Reacción que cataliza
Oxidorreductasas	Oxidación y reducción
Hidrolasas	Hidrólisis
Transferasas	Transferencia de grupos químicos
Liasas	Se adiciona un sustrato a un enlace doble
Isomerasas	Isomeración
Ligasas	Forma enlaces con ATP

Fuente: Plou,2016

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

La presente revisión es básica ya que se centra en aumentar los conocimientos teóricos, evitando la concentración en una posible aplicación o consecuencia práctica de la decoloración de efluentes textiles (Grajales, 2000). Asimismo, una revisión sistemática consiste en juntar o agrupar todo el conocimiento del tema o área de interés, resaltando los resultados que se obtuvieron en los distintos estudios que se realizaron (Grant & Booth, 2009; Higgins & Green, 2011). Donde este tiene un alcance longitudinal, debido a que no se está centrando en un solo momento, sino en un intervalo de años, que se tiene que especificar el periodo estudiado (Hernández et al., 2014).

El diseño es bibliográfico documental no experimental, ya que, no se está modificando las variables, sino se orienta a la recopilación de experiencias, sucesos o fenómenos de una temática en especial que han tenido los investigadores durante la decoloración de efluentes señalados anteriormente (Hernández et al., 2014).

3.2 Categorías, subcategorías y matriz de categorización apriorística

Tabla 5. Matriz de categorización

Objetivo específico	Problema específico	Categoría	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Criterio 4
Identificar las especies de hongos útiles en la degradación de colorantes en efluentes de la industria textil	¿Cuáles son las especies de hongos útiles en la degradación de colorantes en efluentes de la industria textil?	Hongos	Especie	Metabolito con capacidad de degradación	Tipo	Origen

Determinar la eficiencia de degradación de colorantes en efluentes de la industria textil por hongos.	¿Cuál es la eficiencia de degradación de colorantes en efluentes de la industria textil por hongos?	Degradación	Eficiencia	Efluente	Nivel (in vitro-campo)	Cinética
Indicar los colorantes presentes en efluentes de la industria textil que son susceptibles de degradarse por la acción de hongos.	¿Cuáles son los colorantes presentes en efluentes de la industria textil que son susceptibles de degradarse por la acción de hongos?	Colorantes	Tipo químico	Concentración	Recalcitrancia	Procedencia

3.3 Escenario de estudio

Se tiene como escenario de estudio toda investigación que consista en la degradación de colorantes provenientes del efluente de la industria textil mediante el uso de hongos, que estos estudios serán descriptivos y experimentales y, mediante estos se realizará una comparación de la eficiencia de este organismo fúngico, ya que en los estudios revisados se usa efluentes de origen sintético, es decir, son creados en laboratorios donde se considera la composición y el nivel de pH que se tendrá al final, esto se hace con la finalidad de poder evaluar la decoloración del componente a estudiar (tinte) y que tanto se logra decolorar con el hongo en distintas concentraciones y de la mismo, se usa efluentes de origen natural, que consiste en la recolección de la misma fuente de vertimiento para medir el porcentaje decoloración que obtiene cada familia distinta de hongo.

3.4 Participantes

Es aquel grupo de componentes infinitos o finitos que poseen la peculiaridad de ser extensivas en las conclusiones de la exploración científica realizada (Hernández et al., 2014)

En el presente trabajo de investigación se buscó información en repositorios digitales como Springer, Science Direct, Scielo, Scopus. Donde de todos estos repositorios digitales, donde se obtuvo la mayor y resaltante información fueron Scopus, Scielo y Science Direct donde se extrajo de estos artículos y revistas científicas.

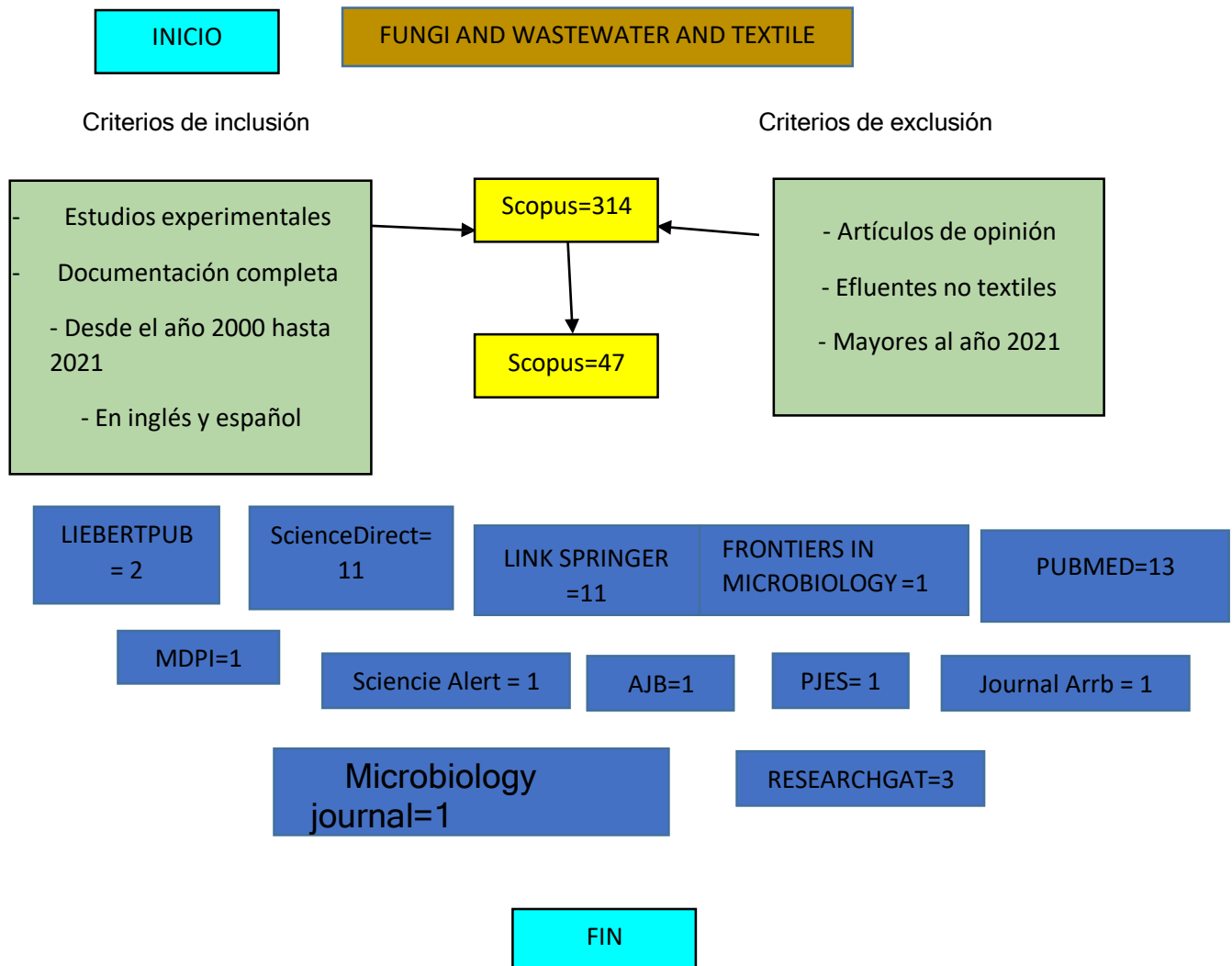
3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica es el conjunto de herramientas que recolecta datos mediante la consulta bibliográfica y otros tipos de materiales, que se emplean de una manera peculiar para cumplir con el propósito del estudio (Hernandez et al., 2014).

La técnica empleada en esta revisión fueron el análisis documental en la modalidad virtual, mientras que en el instrumento de recolección de datos se desarrolló a través de estudios originales descriptivos y experimentales (artículos científicos), palabras claves que mediante ello se buscó cercar la información y, con ello usar los criterios de inclusión y exclusión.

Por la cual, el instrumento a emplear fue la ficha de recolección de datos, con la finalidad de resaltar la información más importante para este trabajo de investigación. Esta ficha estuvo estructurada por el título del artículo de investigación, nombre de la revista, año de la publicación, lugar, tipo de investigación, código DOI, autores, palabras claves, tipo de tintes, nombre del hongo, especie y tipo, técnica de análisis, resultados y finalmente, conclusiones. (Anexo 1)

3.6 Procedimientos



El procedimiento se hizo empleando la palabra clave Fungi and Wastewater and Textile, se revisaron artículos o revistas de investigación en inglés y español en línea vinculados al propósito de esta revisión. Excluyendo aquellos que no estaban comprendidos entre los 2000 y 2020. Asimismo, estos artículos se destacan debido a que son experimentales más no de opinión; y están vinculados íntimamente al efluente textil.

3.7 Rigor científico

La presente investigación al ser de tipo cualitativa está estrechamente ligada al proceso válido y confiable, debido a que el indagador necesita escudriñar la información plasmada en los artículos científicos, con el objetivo de realizar un mejor entendimiento y concepción de teorías (Maher et al., 2018).

La dependencia:

Consiste en que los investigadores tengan la tendencia a recopilar datos del mismo tema y que a su vez sea el mismo tema que se está realizando, para que de esta forma el análisis empleado propague resultados parecidos (Rojas y Osorio, 2017). Para lograr ello, se tiene que usar procedimientos como la comparación de investigaciones a revisar (Noreña et al., 2012, p. 267). Obteniendo así una dirección científica al momento de interpretar la información, es decir, no mezclar la percepción, idea y opinión del investigador (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

Entonces, bajo ese criterio se compendio información relacionada a los diferentes hongos que pueden decolorar los efluentes de la industria textil considerando el color a degradar.

La credibilidad

Este criterio define la autenticidad del trabajo de investigación (Noreña et al, 2012). Debido a que se basa en la relación de los descubrimientos con la realidad teniendo una alta coherencia, trazando así una fiabilidad para los futuros investigadores, que esto se dará mediante el uso de artículos científicos, documentos, etc (Varela y Vives, 2016).

Por ello, la presente exploración científica utilizó fuentes confiables como revistas indexadas como es Scopus y ScienceDirect, obteniendo así unos documentos con alto nivel de credibilidad, es decir, documentos verídicos y respaldados.

La transferencia:

Representa a la probabilidad de suplantar los estudios realizados a otra investigación que tenga otro tipo de enfoque (Arias y Giraldo, 2011), esto se da gracias a la examinación del método, tiempo, recolección de datos, muestra en el trabajo científico (Varela y Vives, 2016) conjuntamente a sus autores y con ello, se buscará enlazar la similitud con otros estudios (Noreña et al., 2012).

En este sentido, se procedió a acumular productos científicos con el criterio de que usen al hongo como decolorante en aguas residuales provenientes de la industria textil y así poder compararlos entre ellos con respecto al nivel de remoción del color presente en el agua.

La confirmación:

Este principio se basa en la credibilidad y la confianza que se da en los resultados realizados por los investigadores (Forero et al., 2018), ya que, se a través de esto se demuestra la decisión del método y principios aplicados en el estudio (Ruiz y Vives, 2016) y, con ello la ética y la moral que tiene el investigador al momento de dar término a su investigación (Noreña et al, 2012)

Bajo este principio, la presente investigación científica solo uso documentos que los autores garanticen la acreditación. mediante la publicación de estos en revistas científicas, como también en revistas internacionales con respecto a la degradación del color presente en los efluentes de la industria textil.

3.8 Método de análisis de información

Para el análisis de los datos obtenidos en la presente revisión se analizó con las siguientes categorías: i) Hongos, ii) Degradación y iii) Colorante (Tabla 5).

La primera categoría, Hongos, se realizó analizando el contenido de los artículos con la finalidad de poder entender de mejor manera la categoría previamente mencionada, donde el metabolito es una enzima del hongo, microorganismo fúngico, tipo y el origen del hongo.

La categoría de degradación, se estableció bajo la recolección de información de los artículos usados, de la cual se establecieron los criterios de eficiencia, efluente, nivel (in vitro-campo) y la velocidad de reacción que se expresaría en la cinética.

Finalmente, en la tercera categoría, colorante, con la finalidad de detallar de una mejor manera se trabajará con los criterios químico, concentración, recalcitrancia y procedencia.

3.9 Aspectos éticos

Esta revisión en todo su proceso de redacción e indagación científica tuvo como pilares a la honestidad y la ética, por ello, toda la información plasmada en su totalidad es verídica, es decir, el contenido es confiable, tal como lo pide la Resolución de consejo universitario N° 0262-2020/UCV promulgado el 28 de agosto del 2020. Además, se respeta la autoría de los artículos científicos usados mediante el correcto citado usando la norma internacional APA 7ma edición.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de la revisión sistemática en las bases de datos Liebertpub, ScienceDirect, SpringerLink, Frotierns in Microbiology, PubMed, MDPI, ScienceAlert, AJB, PJES, ARRB Journal y MicrobiologyJournal basada en la metodología PRISMA, en el periodo de búsqueda de 2000 al 2021 se seleccionaron 43 artículos originales en los que se identificaron las especies útiles en la degradación de colorantes de la industria textil. Los artículos originales seleccionados se resumen a continuación (Tabla 6).

Tabla 6.

Artículos originales seleccionados sobre especies de hongos reportados por su capacidad degradadora de colorantes en efluentes textiles

N°	Título	Especie de hongo	País	Referencia
1	Investigaciones sobre los efectos inhibidores de las sales de níquel y cobalto sobre la decoloración de tintes textiles por el hongo de la pudrición blanca <i>Phanerochaete velutina</i>	<i>Phanerochaete velutina</i>	Finlandia	Zafiu et al., 2021
2	Tratamiento biológico de efluentes textiles reales utilizando <i>Aspergillus flavus</i> y <i>Fusarium oxysporium</i> y su consorcio junto con la evaluación de su fitotoxicidad	<i>Aspergillus flavus</i>	Egipto	Selim et al., 2021
3	Tratamiento biológico de efluentes textiles reales utilizando <i>Aspergillus flavus</i> y <i>Fusarium oxysporium</i> y su consorcio junto con la evaluación de su fitotoxicidad	<i>Fusarium oxysporium</i>	Egipto	Selim et al., 2021
4	Tratamiento biológico de efluentes textiles reales utilizando <i>Aspergillus flavus</i> y <i>Fusarium oxysporium</i> y su consorcio junto con la evaluación de su fitotoxicidad	Consortio: <i>Aspergillus flavus</i> y <i>Fusarium oxysporium</i>	Egipto	Selim et al., 2021

5	Biodegradación del rojo Congo por el hongo filamentoso manglicolous <i>Aspergillus flavus</i> JKSC-7 aislado del ecosistema de manglares de Sundabaran en la India	<i>Aspergillus flavus</i> JKSC-7	India	Chatterjee et al., 2020
6	Rendimiento de una cepa de levadura <i>Sterigmatomyces halophilus</i> SSA-1575 tolerante a la sal recién aislada para la decoloración y desintoxicación de colorantes azoicos	<i>Sterigmatomyces halophilus</i> SSA-1575	Egipto	Al-Tohamy et al., 2021
7	Decoloración de tintes sari, por <i>Aspergillus niger</i> MTCC1344 y su efecto en tomate (híbridos Gaytri F1)	<i>Aspergillus niger</i> MTCC 1344	India	Singh et al., 2020
8	Membrana de ultrafiltración bioactiva fabricada a partir de hongos filamentosos <i>Aspergillus carbonarius</i> M333 para el tratamiento de aguas residuales textiles reales	<i>Aspergillus carbonarius</i> M333	Turquía	Isik et al., 2019
9	Optimización de lacasa de <i>Ganoderma lucidum</i> decolorante remazol azul brillante R y Glac1 como principal gen contribuyente de lacasa	<i>Ganoderma lucidum</i>	China	Qin et al., 2019
10	Análisis de rendimiento de la decoloración de colorantes azoicos por <i>Trametes versicolor</i> inmovilizado en un reactor de secuenciación por lotes	<i>Trametes versicolor</i> CDBB-H1051	Mexico	Lemus-Gómez et al., 2018
11	Degradación eficiente de colorantes Azo por un hongo recién aislado <i>Trichoderma tomentosum</i> en condiciones no estériles	<i>Trichoderma tomentosum</i>	China	He et al., 2018
12	Biosorción de colorantes azoicos por <i>Aspergillus tamarii</i>	<i>Aspergillus tamarii</i>	India	Sharma et al., 2017
13	Decoloración de tintes textiles en un biorreactor air-lift inoculado con <i>Bjerkandera adusta</i> OBR105	<i>Bjerkandera adusta</i> OBR 105	Corea del Sur	Sodaneath et al., 2017
14	Decoloración de tintes ácidos, dispersos y reactivos de <i>Trametes versicolor</i> CBR43	<i>Trametes versicolor</i> CBR43	Corea del Sur	Yang et al., 2017

15	Eficacia de la decoloración con rojo de metilo de una cepa de Corea de <i>Aspergillus sp.</i> Inmovilizado en diferentes matrices poliméricas	<i>Aspergillus sp</i>	Corea	Kim et al., 2017
16	Degradación y desintoxicación de tintes sintéticos y efluentes de la industria textil por <i>Leptosphaerulina sp.</i> de Colombia	<i>Leptosphaerulina sp</i>	Colombia	Plácido et al., 2016
17	Decoloración de diferentes tintes textiles por <i>Aspergillus niger</i> aislado	<i>Aspergillus niger</i>	Egipto	Omar et al., 2016
18	Degradación univariante de índigo carmín en solución acuosa por biomasa inactiva en heterobasidion aislado: estudios preliminares	<i>Heterobasidión insulare</i>	China	Li et al., 2016
19	Decoloración y desintoxicación eficiente del colorante azoico sulfonado Reactive Orange 16 y aguas residuales textiles simuladas que contienen Reactive Orange 16 por el hongo de la pudrición blanca <i>Ganoderma sp.</i>	<i>Ganoderma sp.</i>	China	Ma et al., 2014
20	Decoloración de efluentes salinos-alcalinos con colorantes reactivos industriales por cepas de basidiomicetos productoras de lacasa	<i>Pleurotus</i> <i>Trametes versicolor</i> <i>Lentinus</i> <i>Peniophora</i> <i>Pycnoporus</i> <i>Rigidoporus</i> <i>Hygrocybe</i> <i>Psilocybe</i>	Brasil	Moreita Neto et al., 2013
21	Decoloración y desintoxicación del colorante azoico rojo Synozol HF-6BN, por <i>Aspergillus niger</i> y <i>Nigrospora sp</i>	<i>Aspergillus niger</i> <i>Nigrospora sp</i>	Iran	Ilyas et al., 2013
22	Decoloración y biodegradación del tinte rojo del Congo por un nuevo hongo de pudrición blanca <i>Alternaria alternata</i> CMERI F6	<i>Alternaria alternata</i>	India	Chakraborty et al., 2013
23	Biorremoción de tintes textiles con diferentes estructuras químicas mediante <i>Aspergillus versicolor</i> en melaza mediana	<i>Aspergillus versicolor</i>	Turquía	Tastan et al., 2012

24	Decoloración y desintoxicación en el tratamiento fúngico de aguas residuales textiles procedentes de procesos de tintura	<i>Bjerkandera adusta</i>	Italia	Anastasi et al., 2011
25	Decoloración de tintes sintéticos por Basidiomicetos aislados de bosques de la Mata Atlántica	<i>Carpinia montagnei</i> <i>Datronia caperata</i> <i>Earliella scabrosa</i> <i>Fomitopsis feei</i> <i>Ganoderma stiptatum</i> <i>Hexagonia hydnooides</i> <i>Pleurotus ostreatus</i> <i>Pycnoporus sanguineus</i> <i>Trametes membranacea</i>	Brasil	Lyra et al., 2009
26	Decoloración de tintes textiles por hongos de podredumbre blanca <i>Phanerochaete chrysosporium</i> y <i>Pleurotus ostreatus</i>	<i>Phanerochaete chrysosporium</i> y <i>Pleurotus ostreatus</i>	Italia	Faraco et al., 2009
27	Decoloración del azul Victoria por el hongo de la pudrición blanca, <i>Phanerochaete chrysosporium</i>	<i>Phanerochaete chrysosporium</i>	Egipto	Gomma et al., 2008
28	Decoloración del rojo ácido 151 por <i>Aspergillus niger</i> SA1 bajo diferentes condiciones fisicoquímicas	<i>Aspergillus niger</i>	Pakistan	Ali et al., 2008
29	Biodegradación y biosorción para la decoloración de tintes sintéticos por <i>Funalia trogii</i>	<i>Funalia trogii</i>	Corea del Sur	Park et al., 2007
30	Decoloración de un efluente de la industria del tinte por <i>Aspergillus fumigatus</i> XC6	<i>Aspergillus fumigatus</i>	China	Jin et al., 2007
31	Degradación de la naranja G por lacasa: proceso fúngico versus enzimático	<i>Trametes versicolor</i>	España	Casas et al., 2007
32	Biodegradación del colorante diazo Reactive Black 5 por un aislado salvaje de <i>Candida oleophila</i>	<i>Candida oleophila</i>	Portugal	Lucas et al., 2006
33	Decoloración de aguas residuales sintéticas y textiles reales mediante el uso de hongos de pudrición blanca	<i>Trametes versicolor</i>	Suecia	Nilsson et al., 2006

34	Decolorización de colorantes de aguas residuales textiles <i>Trametes versicolor</i>	<i>Trametes versicolor</i>	Brasil	Amaral et al., 2004
35	Degradación del efluente textil que contiene colorante por el hongo agárico de pudrición blanca <i>Clitocybula duseinii</i>	<i>Clitocybula duseinii</i>	Bélgica	Wesenberg et al., 2002
36	Decoloración de Remazol Red RR Gran por el hongo de pudrición blanca <i>Phanerochaete chrysosporium</i>	<i>Phanerochaete chrysosporium</i>	Turquía	Demir et al., 2004
37	Aplicación de macrohongos secos para la eliminación de tintes sintéticos del medio acuoso	<i>Penicillium waksmani</i>	Turquía	Aydin et al., 2014
38	Aplicación de macrohongos secos para la eliminación de tintes sintéticos del medio acuoso	<i>Penicillium jensenii</i>	Turquía	Aydin et al., 2014
39	Aplicación de macrohongos secos para la eliminación de tintes sintéticos del medio acuoso	<i>Aspergillus carneus</i>	Turquía	Aydin et al., 2014
40	Aplicación de macrohongos secos para la eliminación de tintes sintéticos del medio acuoso	<i>Aspergillus fumigatus</i>	Turquía	Aydin et al., 2014
41	Aplicación de <i>Aspergillus niger</i> SA1 para la biorremoción mejorada de colorantes azoicos en efluentes textiles simulados	<i>Aspergillus niger</i> SA1	Pakistan	Ali et al., 2009
42	Decoloración oxidativa del colorante azoico azul directo 71 por <i>Saccharomyces cerevisiae</i> catalizado por hierro nanovalente cero	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Egipto	Fetypan et al., 2016
43	Decoloración de tintes sintéticos y aguas residuales textiles utilizando <i>Polyporus rubidus</i>	<i>Polyporus rubidus</i>	India	Dayaram y Dasgupta , 2008

4.1. Especies de hongos útiles en la degradación de colorantes

Las especies de hongos útiles en la degradación de colorantes en efluentes de la industria textil, fueron *Phanerochaete veluntina*, *Aspergillus flavus*, *Fusarium oxysporium*; y se encontraron también en consorcios como: *Aspergillus flavus* y *Fusarium oxysporium*, *Aspergillus flavus* JKSC-7, *Sterigmatomyces halophilus* SSA-1575, *Aspergillus niger* MTCC 1344, *Aspergillus carbonarius* M333, *Ganoderma lucidum*, *Trametes versicolor* CDBB-H1051, *Trichoderma tomentosum*, *Aspergillus tamarii*, *Bjerkandera adusta* OBR 105, *Trametes versicolor* CBR43, *Aspergillus* sp, *Leptosphaerulina* sp, *Aspergillus niger*, *Heterobasidióon insulare*, *Ganoderma* sp., *Pleurotus*, *Trametes versicolor*, *Lentinus*, *Peniophora*, *Pycnoporus*, *Rigidoporus*, *Hygrocybe*, *Psilocybe*, *Aspergillus niger*, *Nigrospora* sp, *Alternaria alternata*. *Aspergillus versicolor*, *Bjerkandera adusta*, *Caripia montagnei*, *Datronia caperata*, *Earliella scabrosa*, *Fomitopsis feei*, *Ganoderma stiptatum*, *Hexagonia hydnoides*, *Pleurotus ostreatus*, *Pycnoporus sanguineus*, *Trametes membranacea*, *Phanerochaete chrysosporium*, *Pleurotus ostreatus*, *Phanerochaete chrysosporium*, *Aspergillus niger*, *Funalia trogii*, *Aspergillus fumigatus*, *Trametes versicolor*, *Candida oleophila*, *Trametes versicolor*, *Trametes versicolor*, *Clitocybula dusenii*, *Phanerochaete chrysosporium*, *Penicillium waksmani*, *Penicillium jensenii*, *Aspergillus carneus*, *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus niger* SA1, *Saccharomyces cerevisiae* y *Polyporus rubidus*, en donde resaltan los hongos de pudrición blanca. Entre algunos criterios relacionados a la especie destaca su capacidad de degradar el colorante presente en el efluente gracias a la generación de enzimas. Por otro lado, la eficiencia de degradación de colorantes se vio afectada por el pH, la temperatura, la concentración del colorante y por la presencia de algunos compuestos.

Sobre la naturaleza de los colorantes en efluentes textiles susceptibles de degradación por hongos se evidenció la presencia de los azoicos, la cual en su mayoría fueron recalcitrantes, siendo estos un peligro para los ecosistemas (Tabla 7).

Los hongos que han mostrado eficiencia en la degradación de colorantes textiles procedieron de aislamientos del efluente, recolecciones de zonas aledañas o

contaminadas y/o donaciones de algún cepario especializado (institutos de investigación o universidades). Estas especies pertenecen a las divisiones Ascomycota y Basidiomycota, ya sean en forma individual o en consorcio. El mayor porcentaje pertenece a la división Basidiomycota con un 61% de especies, seguido del 37% de especies perteneciente a la división Ascomycota; mientras que se empleó en consorcio apenas el 2% de las mismas. En estas divisiones existen diferentes géneros como *Aspergillus* que conto con un 24% de presencia en la bibliografía analizada, siguiéndole el 12% con *Trametes*, 7% con *Phanerochaete*, 5% del *Ganoderma*, 5% del *Pleurotus*, 3% del *Bjerkandera*, 3% del *Penicillium* y finalmente, 2% para otros géneros menos abundantes (*Alternaria*, *Candida*, *Caripia*, *Datronia*, *Earliella*, *Fomitopsis*, *Hexagonia*, *Pycnoporus*, *Clitocybula*, *Consorcio*, *Funalia*, *Fusarium*, *Heterobasidión*, *Leptosphaerulina*, *Lentinus*, *Peniophora*, *Rigidoporus*, *Hygrocybe*, *Psilocybe*, *Polyporus*, *Saccharomyces*, *Sterigmatomyces*, *Trichoderma*).

Estas cepas fueron identificadas en la mayoría de trabajos en fuentes naturales asociadas a los contaminantes textiles, como por ejemplo muestras de suelo donde hubo la presencia de estos colorantes o muestras de agua residuales. Dichas cepas, luego de ser aisladas, fueron criadas en laboratorio en medios específicos encontrándose, en las unidades de análisis, un 44 % de agar dextrosa de papa, 22% de agar extracto de malta, 25% de agar dextrosa sabouraud, 3 % de agar harina de maíz, 2% de melaza, agar de czapek y otro 2% no llegaron a indicar que tipo de agar emplearon para su investigación. Esto nos reveló que los hongos en general, responden bien al aislamiento en medio agar papa dextrosa (Ruiz et al., 2018).

Estas especies que se reportaron con una capacidad degradadora, en algunos casos, se ha determinado cual fue el componente activo o cual fue la sustancia responsable de esta actividad, en donde se menciona que el 93% de las especies lo han hecho a nivel enzimático, 5% micelar y en poco caso se emplearon genes con un 2%. Entre las enzimas que más han participado

encontramos la lacasa con un 44 %, peroxidasa en un 24%, lignina peroxidasa con 12%, oxidasa con 7%, azoreductasa con 5% y un 8% no se logró identificar.

En ese sentido, las especies en donde se presencié el actuar de la lacasa fueron *Funalia trogii* (Park et al., 2007), *Leptosphaerulina sp* (Plácido et al., 2016), *Pleurotus*, *Trametes versicolor*, *Lentinus*, *Peniophora*, *Pycnoporus*, *Rigidoporus*, *Hygrocybe*, *Psilocybe* (Moreita et al., 2013), *Aspergillus versicolor* (Tastan et al., 2012), *Clitocybula dusenii* (Wesenberg et al., 2002), *Leptosphaerulina sp* (Plácido et al., 2016), *Trametes versicolor* (Casas et al., 2007), *Polyporus rubidus* (Dayaram y Dasgupta, 2008), *Ganoderma sp.* (Ma et al., 2014), *Aspergillus niger*, *Nigrospora sp* (Ilyas et al., 2013), *Phanerochaete chrysosporium* y *Pleurotus ostreatus* (Faraco et al., 2009). Seguidamente los hongos en donde se evidenció la peroxidasa fueron *Phanerochaete chrysosporium* (Demir et al., 2004), *Aspergillus fumigatus* (Jin et al., 2007), *Aspergillus sp* (Kim et al., 2017), *Aspergillus tamaris* (Sharma et al., 2017), *Trichoderma tomentosum* (He et al., 2018) y *Caripia montagnei*, *Datronia caperata*, *Earliella scabrosa*, *Fomitopsis feei*, *Ganoderma stiptatum*, *Hexagonia hydnoides*, *Pleurotus ostreatus*, *Pycnoporus sanguineus*, *Trametes membranacea* (Lyra et al., 2009), así mismo, la lignina peroxidasa fueron *Aspergillus niger* (Ali et al., 2008), *Aspergillus niger* SA 1 (Ali et al., 2009), *Ganoderma Sp* (Ma et al., 2014), *Trametes versicolor* (Casa et al., 2007), *Leptosphaerulina sp* (Plácido et al., 2016), *Polyporus rubidus* (Dayaram y Dasgupta, 2008) y *Sterigmatomyces halophilus* SSA.1575 (Al-Tohamy et al., 2020). En esa misma línea, se presencié la oxidasa, como agente reductor en los siguientes hongos *Aspergillus carneus*, *Aspergillus fumigatus*, *Penicillium jensenii*, *Penicillium waksmani* (Aydin et al., 2014) y finalmente la azoreductasa actuó en *Aspergillus flavus*, *Fusarium oxysporium* (Selim et al., 2021). Esta predominancia ha demostrado que la lacasa son eficaces en la degradación de varios compuestos xenobióticos y tintes sintéticos (Mate y Alcalde, 2016).

Los autores revisados finalmente concluyen que los hongos son útiles en la degradación de compuestos sobre todo de aquellos que tienen presencia de metales pesados como Níquel y Cobalto (Zafiu et al., 2021) y además manifiestan que luego de haber sido decolorado dicho efluente, este puede ser reutilizado para el riego de plantas (Selim et al., 2021).

Tabla 7

Especies de hongos útiles en la degradación de colorantes en efluentes de la industria textil

División a la que pertenece el hongo	Género	Especie de hongo	Origen de la cepa fúngica	Medio de crecimiento	Tipo de agente responsable de la degradación (enzima, gen, micelio, etc)	Agente	Utilidad	Referencia
Basidiomycota	<i>Phanerochaete</i>	<i>Phanerochaete veluntina</i>	Colección de Cultivos de Biotecnología Fúngica (FBCC)	Agar malta	Enzima	Lacasa	<i>P. Veluntina</i> sirve para decolorar tintes textiles en presencia de Ni y Co	Zafiu et al., 2021
Basidiomycota		<i>Phanerochaete chrysosporium</i>	-	Caldo de saboraud dextrosa	Enzima	Lacasa	La inhibición de la producción de lacasa mediante la adición de inhibidores a los cultivos agitados redujo la decoloración de VB	Gomma et al., 2008
Basidiomycota		<i>Phanerochaete chrysosporium</i>	Laboratorio de productos forestales en EE.UU.	Agar papa dextrosa	Enzima	Peroxidasa	<i>Phanerochaete chrysosporium</i> permitió remover el color, DQO y grupos aromáticos	Demir et al., 2004

Basidiomycota		<i>Phanerochaete chrysosporium</i>	-	Agar de extracto de malta	Enzima	Lacasa	Las lacasas actuó en <i>P. ostreatus</i> permitiendo la decoloración de los colorantes diazo	Faraco et al., 2009
Ascomycota	<i>Alternaria</i>	<i>Alternaria alternata</i>	I CSIR-Instituto Central de Investigación en Ingeniería Mecánica-Durgapur	Agar de dextrosa de papa	Enzima	Lacasa	<i>A. alternata</i> CMERI F6 decoloró el rojo congo en 48 h en medio de extracto de levadura-glucosa.	Chakraborty et al., 2013
Ascomycota	<i>Aspergillus</i>	<i>Aspergillus carbonarius</i> M333	Se obtuvo del Laboratorio de Biotecnología Ambiental, Departamento de Ingeniería Ambiental, Universidad de Mersin	Agar de dextrosa de papa	Micelio	No se identificó	Las membranas de ultrafiltración bioactiva de hongos sirve para reducir el DQO y decolorar los tintes textiles	Isik et al., 2019
Ascomycota		<i>Aspergillus carneus</i>	Aislados del suelo y aguas de efluentes textiles(planta textil)	Agar de dextrosa de papa	Enzima	Oxidasas	La decoloración de <i>A. carneus</i> fue mayor en forma viva evidenciándose una amplia capacidad de decoloración	Aydin et al., 2014

Ascomycota	<i>Aspergillus flavus</i>	las muestras de suelo para aislar los hongos fueron recolectadas de la empresa de la industria textil ubicada en El Mahalla El Kubra	agar dextrosa sabouraud	Enzima	Azoreductasa	El efluente, producto de la decoloración, se puede reutilizar para el regado de plantas	Selim et al., 2021
Ascomycota	<i>Aspergillus flavus</i> JKSC-7	Aislado del ecosistema de manglares de sundabaran en la india	agar harina de maíz	Enzima	Lacasa	La síntesis de lacasa de hongos y peroxidasa de manganeso (II) ayudan a la degradación del rojo Congo.	Chatterjee et al., 2020
Ascomycota	<i>Aspergillus fumigatus</i>	Se aisló de la paja de arroz enmohecida recogida en los suburbios de Wuxi	Agar de dextrosa de papa	Enzima	Peroxidasa	<i>A. fumigatus</i> XC6 es eficiente para la decoloración de efluentes de tintes textiles	Jin et al., 2007
Ascomycota	<i>Aspergillus fumigatus</i>	Aislados del suelo y aguas de efluentes textiles(planta textil)	Agar de dextrosa de papa	Enzima	Oxidasas	La decoloración de <i>A. carneus</i> fue mayor en forma viva evidenciándose una amplia capacidad de decoloración	Aydin et al., 2014
Ascomycota	<i>Aspergillus niger</i>	Se aisló del suelo cerca de los lugares donde los efluentes se decargaban de las fábricas en El-Mahalal El-Kubra, Egipto	Agar de Czapek	Enzima	No se identificó	El <i>Aspergillus niger</i> puede ser utilizado en el tratamiento biológico de tintes textiles	Omar et al., 2016

Ascomycota	<i>Aspergillus niger</i>	Estanque de aguas residuales textiles	Caldo de saboraud dextrosa	Enzima	Lignina peroxidasa	La cepa de hongos <i>A. niger</i> es importante en la remediación para el tinte textil, AR 151	Ali et al., 2008
Ascomycota	<i>Aspergillus niger</i> <i>Nigrospora sp</i>	Los hongos fueron un regalo del Instituto de Fitopatología, Universidad de Punjab, Lahore	Extracto de Malta	Enzima	Lacasa	<i>A. niger</i> y <i>Nigrospora sp.</i> Sirve para eliminar el color de las aguas textiles en presencia de colorantes azoicos	Ilyas et al., 2013
Ascomycota	<i>Aspergillus niger</i> MTCC 1344	No indican	Agar extracto de Malta	Micelio	No se identificó	<i>Aspergillus niger</i> es un hongo eficaz para la eliminación del efluente del tinte sari	Singh et al., 2020
Ascomycota	<i>Aspergillus niger</i> SA1	Aislado de un estanque de almacenamiento de aguas residuales textiles	Caldo de saboraud dextrosa	Enzima	Lignina peroxidasa	<i>Aspergillus niger</i> SA1, mostró una gran capacidad de mineralización de colorantes azoicos	Ali et al., 2009
Ascomycota	<i>Aspergillus sp</i>	Aislado de aguas residuales contaminadas con tintes de un área industrial en la ciudad de Daegu	Agar de dextrosa de papa	Enzima	Peroxidasa	<i>Aspergillus sp.</i> aislado sirve para tratar aguas residuales industriales que contienen colorante MR.	Kim et al., 2017
Ascomycota	<i>Aspergillus tamarii</i>	Se aislo de un lodo industrial en new Delhi	No se indica	Enzima	Peroxidasa	<i>A. tamarii</i> sirve para el tratamiento de las aguas residuales textiles con parámetros	Sharma et al., 2017

Ascomycota		<i>Aspergillus versicolor</i>	La muestra de suelo, que se recogió de Batman (Turquía)	Melaza	Micelio	No se identificó	óptimos de pH 4,5 y a concentraciones de inóculo de 20%. <i>A. versicolor</i> sirve para eliminar el Maxilon Red GRL , Everdirect Fast Black VSF (EFB-VSF) y Brilliant Blue R	Tastan et al., 2012
Basidiomycota	<i>Bjerkandera</i>	<i>Bjerkandera adusta</i>	Mycotheca Universitatis Taurinensis Colección	Agar de extracto de malta	Enzima	Lacasa	El hongo decolora eficientemente hasta 96.5%	Anastasi et al., 2011
Basidiomycota		<i>Bjerkandera adusta</i> OBR 105	Se obtuvo una muestra del cuerpo frutal del aislado en Mount Odae	agar dextrosa de papa	Enzima	Lacasa	<i>B.adusta</i> decolora naranja ácida 7 en 3 días.	Sodaneath et al., 2017
Ascomycota	<i>Candida</i>	<i>Candida oleophila</i>	Se aisló de la levadura del agua de lavado de aceitunas Murça, Norte de Portugal	Agar de malta de levadura	Enzima	Lacasa	La decoloración ocurre durante la fase de crecimiento del hongo	Lucas et al., 2006
Basidiomycota	<i>Caripia</i>	<i>Caripia montagnei</i>	aislado de bosques de la Mata Atlántica	Agar de sabouraud	Enzima	Peroxidasa	Tiene el potencial de degradación de los colorantes naranja de metilo, azul de bromofenol (BB), azul de metileno, rojo Congo, rojo de fenol (PR) y verde de metilo (MG).	Lyra et al., 2009

Basidiomycota	<i>Datronia</i>	<i>Datronia caperata</i>	aislado de bosques de la Mata Atlántica	Agar de sabouraud	Enzima	Peroxidasa	Tiene el potencial de degradación de los colorantes naranja de metilo, azul de bromofenol (BB), azul de metileno, rojo Congo, rojo de fenol (PR) y verde de metilo (MG).	Lyra et al., 2009
Basidiomycota	<i>Earliella</i>	<i>Earliella scabrosa</i>	aislado de bosques de la Mata Atlántica	Agar de sabouraud	Enzima	Peroxidasa	Tiene el potencial de degradación de los colorantes naranja de metilo, azul de bromofenol (BB), azul de metileno, rojo Congo, rojo de fenol (PR) y verde de metilo (MG).	Lyra et al., 2009
Basidiomycota	<i>Fomitopsis</i>	<i>Fomitopsis feei</i>	aislado de bosques de la Mata Atlántica	Agar de sabouraud	Enzima	Peroxidasa	Tiene el potencial de degradación de los colorantes naranja de metilo, azul de bromofenol (BB), azul de metileno, rojo Congo, rojo de fenol (PR) y verde de metilo (MG).	Lyra et al., 2009

Basidiomycota	<i>Ganoderma</i>	<i>Ganoderma stiptatum</i>	aislado de bosques de la Mata Atlántica	Agar de sabouraud	Enzima	Peroxidasa	Tiene el potencial de degradación de los colorantes naranja de metilo, azul de bromofenol (BB), azul de metileno, rojo Congo, rojo de fenol (PR) y verde de metilo (MG).	Lyra et al., 2009
Basidiomycota		<i>Ganoderma lucidum</i>	Se obtuvo del Departamento de Microorganismos de la Universidad Agrícola de Sichuan, Chengdu, China	agar dextrosa de patata	Gen	No se identificó	En condiciones óptimas las lacasas de <i>G. lucidum</i> laccases, tienen un fuerte potencial para eliminar RBBR	Qin et al., 2019
Basidiomycota		<i>Ganoderma sp.</i>	Aislado del bosque de la montaña Tzu-chin	Agar patata - dextrosa	Enzima	Lignina peroxidasa	<i>Ganoderma sp.</i> podría decolorar eficientemente aguas residuales de textilera en cultivos sumergidos.	Ma et al., 2014
Basidiomycota	<i>Hexagonia</i>	<i>Hexagonia hydnooides</i>	aislado de bosques de la Mata Atlántica	Agar de sabouraud suplementado con tetraciclina	Enzima	Peroxidasa	Tiene el potencial de degradación de los colorantes naranja de metilo, azul de bromofenol (BB), azul de metileno, rojo Congo, rojo de fenol (PR) y verde de metilo (MG).	Lyra et al., 2009

Basidiomycota	<i>Pleurotus</i>	<i>Pleurotus ostreatus</i>	aislado de bosques de la Mata Atlántica	Agar de sabouraud suplementado con tetraciclina	Enzima	Peroxidasa	Tiene el potencial de degradación de los colorantes naranja de metilo, azul de bromofenol (BB), azul de metileno, rojo Congo, rojo de fenol (PR) y verde de metilo (MG).	Lyra et al., 2009
Basidiomycota		<i>Pleurotus ostreatus</i>	-	Agar de extracto de malta	Enzima	Lacasa	Las lacasas actúan en <i>P. ostreatus</i> permitiendo la decoloración de los colorantes diazo	Faraco et al., 2009
Basidiomycota		<i>Pleurotus</i>	Colección de Cultivos del Instituto de Botánica	Agar de dextrosa de papa	Enzima	Lacasa	El extracto de levadura mejora la performance del hongo al emplearse durante el cultivo de las cepas fúngicas en medio sintético previo a su acción sobre el efluente textil,	Moreita Neto et al., 2013
Basidiomycota	<i>Pycnoporus</i>	<i>Pycnoporus sanguineus</i>	Aislado de bosques de la Mata Atlántica	Agar de sabouraud suplementado con tetraciclina	Enzima	Peroxidasa	Tiene el potencial de degradación de los colorantes naranja de metilo, azul de bromofenol (BB), azul de metileno, rojo Congo, rojo de	Lyra et al., 2009

Basidiomycota	<i>Trametes</i>	<i>Trametes membranacea</i>	Aislado de bosques de la Mata Atlántica	Agar de sabouraud suplementado con tetraciclina	Enzima	Peroxidasa	fenol (PR) y verde de metilo (MG)	Lyra et al., 2009
Basidiomycota		<i>Trametes versicolor</i>	Colección de Cultivos del Instituto de Botánica	Agar de dextrosa de papa	Enzima	Lacasa	Tiene el potencial de degradación de los colorantes naranja de metilo, azul de bromofenol (BB), azul de metileno, rojo Congo, rojo de fenol (PR) y verde de metilo (MG).	Moreita Neto et al., 2013
Basidiomycota		<i>Trametes versicolor</i>	American Type Culture Collection	Agar inclinado de malta	Enzima	Lignina peroxidasa	El extracto de levadura mejora la performance del hongo al emplearse durante el cultivo de las cepas fúngicas en medio sintético previo a su acción sobre el efluente textil	Casas et al., 2007
							Se obtienen mejores resultados con los productos enzimáticos que con el hongo.	

Basidiomycota		<i>Trametes versicolor</i>	Departamento de Bioquímica, Lund Universidad.	Agar de malta de levadura	Enzima	Lacasa	El Reactive Blue 4 se decoloró cuando permitió que los hongos crecieran en discos de madera de abedul en un reactor.	Nilsson et al., 2006
Basidiomycota		<i>Trametes versicolor</i>	Fue obtenido gracias al Instituto Nacional de Ingeniería y Tecnología Industrial (INETI, Portugal)	Agar de malta de levadura	Enzima	Lacasa	El metabolismo fúngico inducido por la glucosa y el pH juegan un papel importante en el proceso de decoloración.	Amaral et al., 2004
Basidiomycota		<i>Trametes versicolor CBR43</i>	Fue aislado de la montaña Cheonma	Agar de dextrosa de papa	Enzima	Lacasa	<i>T. versicolor CBR43</i> tenía una alta actividad de peroxidasa dependiente de lacasa y Mn, permitiendo una mejor decoloración	Yang et al., 2017
Basidiomycota		<i>Trametes versicolor CDBB-H1051</i>	El hongo de pudrición blanca, <i>T. versicolor</i> CDBB-H1051, se cultivó y se mantuvo en placas de agar	agar con extracto de malta	Enzima	Lacasa	La actividad enzimática del hongo está muy relacionada a la decoloración de tinte.	Lemus-Gómez et al., 2018
Basidiomycota	<i>Clitocybula</i>	<i>Clitocybula duseinii</i>	Se obtuvo de las virutas de madera en Bariloche	Extracto de malta	Enzima	Lacasa	El agua residual cruda de mezcla de tintes fue decolorada por el hongo <i>Clitocybula duseinii</i> .	Wesenberg et al., 2002

Ascomycota / Basidiomycota	Consorcio	Consorcio: <i>Aspergillus flavus</i> y <i>Fusarium oxysporium</i>	hongos fueron recolectadas de la empresa de la industria textil ubicada en El Mahalla El Kubra, Egipto	agar dextrosa sabouraud	Enzima	Azoreductasa	El efluente, producto de la decoloración, se puede reutilizar para el regado de plantas.	Selim et al., 2021
Basidiomycota	<i>Funalia</i>	<i>Funalia trogii</i>	No se indica	Agar de dextrosa de papa	Enzima	lacasa	Es posible decolorar una alta concentración de tintes comerciales mediante la aplicación de <i>F. trogii</i> .	Park et al., 2007
Ascomycota	<i>Fusarium</i>	<i>Fusarium oxysporium</i>	Los hongos fueron recolectadas de la empresa de la industria textil ubicada en El Mahalla El Kubra, Egipto	agar dextrosa sabouraud	Enzima	Azoreductasa	El efluente, producto de la decoloración, se puede reutilizar para el regado de plantas.	Selim et al., 2021
Basidiomycota	<i>Heterobasidió</i>	<i>Heterobasidió insulare</i>	No se indica	Agar de dextrosa de papa	Enzima	Lacasa	Es posible degradar los tintes textiles por biomasa inactivada de <i>H. Insulare</i> .	Li et al., 2016
Ascomycota	<i>Leptosphaerulina</i>	<i>Leptosphaerulina sp</i>	Aislamiento del hongo del bosque lluvioso Montanos del valle de Aburrá, Antioquia	Agar extracto de malta	Enzima	Lignina peroxidasa	<i>Leptosphaerulina sp.</i> tiene actividad decolorante sobre Novacron Red, Remazol Black y Turquoise Blue	Plácido et al., 2016

Ascomycota	<i>Penicillium</i>	<i>Penicillium jensenii</i>	Aislados del suelo y aguas de efluentes textiles(planta textil)	Agar de dextrosa de papa	Enzima	Oxidasas	La decoloración de <i>A. carneus</i> fue mayor en forma viva evidenciándose una amplia capacidad de decoloración. La decoloración de <i>A. carneus</i> fue mayor en forma viva evidenciándose una amplia capacidad de decoloración.	Aydin et al., 2014
Ascomycota		<i>Penicillium waksmani</i>	Aislados del suelo y aguas de efluentes textiles(planta textil)	Agar de dextrosa de papa	Enzima	Oxidasas	La decoloración de <i>A. carneus</i> fue mayor en forma viva evidenciándose una amplia capacidad de decoloración.	Aydin et al., 2014
Basidiomycota	<i>Lentinus</i>	<i>Lentinus</i>	Colección de Cultivos del Instituto de Botánica	Agar de dextrosa de papa	Enzima	Lacasa	El extracto de levadura mejora la performance del hongo sobre el efluente textil.	Moreita Neto et al., 2013
Basidiomycota	<i>Peniophora</i>	<i>Peniophora</i>	Colección de Cultivos del Instituto de Botánica	Agar de dextrosa de papa	Enzima	Lacasa	El extracto de levadura mejora la performance del hongo sobre el efluente textil.	Moreita Neto et al., 2013
Basidiomycota	<i>Pycnoporus</i>	<i>Pycnoporus</i>	Colección de Cultivos del Instituto de Botánica	Agar de dextrosa de papa	Enzima	Lacasa	El extracto de levadura mejora la performance del hongo sobre el efluente textil.	Moreita Neto et al., 2013
Basidiomycota	<i>Rigidoporus</i>	<i>Rigidoporus</i>	Colección de Cultivos del Instituto de Botánica	Agar de dextrosa de papa	Enzima	Lacasa	El extracto de levadura mejora la performance del hongo sobre el efluente textil.	Moreita Neto et al., 2013

Basidiomycota	<i>Hygrocybe</i>	<i>Hygrocybe</i>	Colección de Cultivos del Instituto de Botánica	Agar de dextrosa de papa	Enzima	Lacasa	El extracto de levadura mejora la performance del hongo sobre el efluente textil.	Moreita Neto et al., 2013
Basidiomycota	<i>Psilocybe</i>	<i>Psilocybe</i>	Colección de Cultivos del Instituto de Botánica	Agar de dextrosa de papa	Enzima	Lacasa	El extracto de levadura mejora la performance del hongo sobre el efluente textil.	Moreita Neto et al., 2013
Basidiomycota	<i>Polyporus</i>	<i>Polyporus rubidus</i>	Suburbios de Mumbai	Agar Papa Dextrosa	Enzima	Lignina peroxidasa	<i>P. rubidus</i> secreta extracelularmente una enzima con actividad máxima de 17,1U después de 3 días en la degradación de colorantes textiles.	Dayaram, P., Dasgupta, D., 2008
Ascomycota	<i>Saccharomyces</i>	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	No se indica	Agar de dextrosa de papa	Enzima	Lacasa	La alta eficiencia para decolorar Direct Blue71 permite que esta levadura sea utilizada en el tratamiento biológico	Fetypan et al., 2016

Basidiomycota	<i>Sterigmatomyces</i>	<i>Sterigmatomyces halophilus</i> SSA-1575	Se alistó el hongo de un sistema intestinal de una termita que se alimentaba de la madera	agar harina de maíz	Enzima	Lignina peroxidasa	Las levaduras halotolerantes son eficaces en la remediación ecológica de contaminantes peligrosos	Al-Tohamy et al., 2020
Ascomycota	<i>Trichoderma</i>	<i>Trichoderma tomentosum</i>	Se recolectaron obleas de madera bosque de la ciudad de Liupanshui (provincia de Guizhou, China)	agar dextrosa de papa	Enzima	Peroxidasa	La peroxidasa de manganeso y peroxidasa de lignina participan en la decoloración del colorante azoico.	He et al., 2018

En el reino fungí podemos encontrar diversos tipos de hongos, de las cuales existen dos divisiones Basidiomycota y Ascomycota, de todas estas, como se aprecia en la tabla 7, tenemos una mayor predominancia de los Basidiomycota como degradador de colorantes. Debido a que las especies que más se han encontrado en la bibliografía analizada, son parte de la pudrición blanca, ya que estas generan enzimas oxidativas que han llegado a demostrar ser muy útiles en la decoloración y degradación de tintes textiles (Rainert et al., 2021).

Hoy en día *Trametes versicolor* (Moreita Neto et al., 2013; Casas et al., 2007; Nilsson et al., 2006; Amaral et al., 2004; Yang et al., 2017 y Lemus et al., 2018), *Phanerochaete sp* (Zafiu et al., 2021; Gomma et al., 2008; Demir et al., 2004; Faraco et al., 2009), *Pleurotus ostreatus* (Lyra et al., 2009; Faraco et al., 2009; Moreita et al., 2013) , *Bjerkandera adusta* (Anastasi et al., 2011; Sodaneath et al., 2017), *Ganoderma lucidum* (Qin et al., 2019 y Ma et al., 2014), *Ganoderma stiptatum* (Lyra et al., 2009), *Hexagonia hydnooides* (Lyra et al., 2009), *Rigidoporus* (Moreita et al., 2013) y *Pycnoporus sp* (Lyra et al., 2009 y Moreita et al., 2013) , que son parte de la pudrición blanca, son evidencias nos dicen que son muy capaces de eliminar o reducir la concentración de colorantes recalcitrantes y algunos compuestos xenobióticos (Calderón et al, 2016) y es una clara evidencia que son muy ampliamente investigados (Li et al., 2016).

4.2. Eficiencia de la degradación de colorantes en efluentes

La eficiencia de los hongos está fuertemente relacionada a la concentración de los colorantes, la presencia de un inductor o catalizador, el nivel de aplicación en la que se va a decolorar, el sistema de degradación, las condiciones de trabajo y al volumen de operación. En donde, las concentraciones ensayadas del colorante estuvieron en el rango de 10 mg/L y 1000 mg/L, evidenciándose que la concentración que más se empleo fue de 100 mg/l (Park et al., 2007, Ali et al., 2009, Moreita et al., 2013, Casa et al., 2007, Park et al., 2007, Aydin et al., 2014, Dayaram et al., 2008, Zafiu et al., 2021, Isik et al., 2019, Ilyas et al., 2013 y Lemus et al., 2018).

Otro de los parámetros que influencio en la eficiencia de la decoloración, fue la presencia de inductores o catalizadores, en la cual algunos autores emplearon a la lacasa como un catalizador (Park et al., 2007; Plácido et al., 2016; Moreita et

al., 2013; Tastan et al., 2012; Wesenberg et al., 2002; Casa et al., 2007; Dayaram et al., 2008; Ma et al., 2014; Ilyas et al., 2013; Faraco et al., 2009 y Gomma et al., 2008) permitiéndoles mejorar el rendimiento de la especie fúngica para decolorar el tinte, obteniendo óptimos resultados por encima del 90%, como la degradación de Acid black 52(Park et al., 2007), azul turquesa, Novacrom red (Plácido et al., 2016), Cibracrom brillan blue (Moreita et al., 2013 y Tastan et al., 2012), reactive black 5(Dayaram et al., 2008, Park et al., 2007 y Plácido et al., 2016), reactive blue 19, reactive blue 49(Park et al., 2007), Tris – azoide (Faracao et al., 2009) y violeta ácido 43 (Park et al., 2007).

Las condiciones de trabajo fue otro de los problemas fundamentales al momento de hablar de contaminación producto de los efluentes textiles porque esto estuvo estrechamente relacionado con el precio de la tecnología y su viabilidad. Así que trabajar entre condiciones axénicas o no estériles puede hacer la diferencia en el uso y avance de estas técnicas, la gran mayoría han trabajado en condiciones axénicas , teniendo estos un 64%(Park et al., 2007;Anastasi et al., 2011; Jin et al., 2007; Lyra et al., 2009, Moreita et al., 2013, Tastan et al., 2012, Casa et al., 2007, Amaral et al., 2004, Lucas et al., 2006, Nilsson et al., 2006, Zafiu et al., 2021, Ma et al., 2014, Qin et al., 2019, Demir et al., 2004, Ali et al., 2008, Isik et al., 2019, Chakraborty et al., 2013, Lyra et al., 2009, Gomma et al., 2008 y Lemus et al., 2018) y otras en no estériles, siendo estas un 36% (Sodaneath et al., 2017, Yang et al., 2017, Ali et al., 2009, He et al., 2018, Al-Tohamy et al., 2021, Fetypan et al.,2016, Plácido et al., 2016, Li et al., 2016, Selim et al., 2021, Sharma et al., 2017, Aydin et al., 2014, Omar et al., 2016, Chatterjee et al., 2020, Kim et al., 2017 y Singh et al., 2020).

Los colorantes se degradaron entre un rango de 3 y 24 días, evidentemente esto depende de la naturaleza del colorante, pero sobre todo del volumen de operación. Este volumen varió entre 50 y 1970 ml, en la cual algunos autores emplearon reactores(Sodaneath et al., 2017, Casas et al., 2007, Dayaram et al., 2008, Nilsson et al., 2006, Demir et al., 2004, Kim et al., 2017 y Lemus et al., 2018) siendo estos un 11% de la base de datos, matraces un 78% (Ali et al., 2008, Al-Tohamy et al., 2021, Amaral et al., 2004, Anastasi et al., 2011, Aydin et al., 2014, Chakraborty et al., 2013, Gomma et al., 2008, Ilyas et al., 2013, Isik et

al., 2019, Jin et al., 2007, Li et al., 2016, Lyra et al., 2009, Ma et al., 2014, Moreita Neto et al., 2013, Omar et al., 2016, Qin et al., 2019, Selim et al., 2021, Sharma et al., 2017, Singh et al., 2020, Tastan et al., 2012, Yang et al., 2017 y Zafiu et al., 2021) y placas en un 10% (Ali et al., 2009, Chatterjee et al., 2020, Faraco et al., 2009, Fetypan et al., 2016, He et al., 2018, Lucas et al., 2006, Park et al., 2007 y Plácido et al., 2016)

A raíz de todos estos factores las eficiencias han cambiado ya sea por su naturaleza, volumen de trabajo, entre otros. Los hongos más eficientes que oscilaron entre 100-90 % fueron *Bjerkandera adusta* OBR 105 (Sodaneath et al., 2017), *Trametes versicolor* CBR43 (Yang et al., 2017), *Funalia troglia* (Park et al., 2007), *Aspergillus niger* SA1 (Ali et al., 2009), *Trichoderma tomentosum* (He et al., 2018), *Sterigmatomyces halophilus* SSA-1575 (Al-Tohamy et al., 2021), *Bjerkandera adusta* (Anastasi et al., 2011), *Aspergillus fumigatus* (Jin et al., 2007), *Aspergillus versicolor* (Tastan et al., 2012), *Heterobasidióon insulare* (Li et al., 2016), *Earliella scabrosa*, *Pycnoporus sanguineus*, *Caripia montagnei*, *Hexagonia hydnoides*, *Trametes membranacea*, (Lyra et al., 2009), *Clitocybula dusenii* (Wesenberg et al., 2002), *Trametes versicolor* (Casas et al., 2007 y Amaral et al., 2004), *Polyporus rubidus* (Dayaram y Dasgupta, 2008), *Candida oleophila* (Lucas et al., 2006), *Aspergillus carneus* (Aydin et al., 2014), *Aspergillus niger* (Omar et al., 2016), *Aspergillus tamarii* (Sharma et al., 2017) y *Ganoderma* sp. (Ma et al., 2014). Por otro lado, los que tuvieron menor eficacia en la degradación fueron *Caripia montagnei*, *Fomitopsis feei*, *Pleurotus ostreatus*, *Ganoderma stiptatum*, *Pycnoporus sanguineus* (Lyra et al., 2009) y *Rigidoporus* (Moreita et al., 2013).

Tabla 8

Eficiencia de degradación de colorantes en efluentes de la industria textil

Colorante degradado	Concentración del colorante (mg/l)	Especie de hongo	Agente responsable de la degradación (enzima, gen, micelio, etc)	Inductor/Catalizador	Nivel de aplicación	Sistema de degradación (matraz, reactor, placa)	Volumen de operación (ml)	Condiciones de trabajo (axénica, no estéril)	Tiempo de degradación (Días)	Eficiencia de degradación (%)	Referencia
Acid black 172	200	<i>Bjerkandera adusta</i> OBR 105	Enzima	-	<i>in vitro</i>	Reactor	1970	No estéril	3	99.00	Sodaneath et al., 2017
	200	<i>Trametes versicolor</i> CBR43	Enzima	No emplearon	<i>in vitro</i>	Matraz	200	No estéril	7.5	90.00	Yang et al., 2017
Acid black 52	100	<i>Funalia trogii</i>	Enzima	Lacasa	<i>in vitro</i>	Placas	-	Axénica	5	100	Park et al., 2007
Acid blue 62	200	<i>Bjerkandera adusta</i> OBR 105	Enzima	-	<i>in vitro</i>	Reactor	1970	No estéril	3	97.00	Sodaneath et al., 2017
	200	<i>Trametes versicolor</i> CBR43	Enzima	No emplearon	<i>in vitro</i>	Matraz	200	No estéril	7.5	90.00	Yang et al., 2017
Acid orange 7	200	<i>Bjerkandera adusta</i> OBR 105	Enzima	-	<i>in vitro</i>	Reactor	1970	No estéril	3	98.00	Sodaneath et al., 2017
Acid red 114	200	<i>Bjerkandera adusta</i> OBR 105	Enzima	-	<i>in vitro</i>	Reactor	1970	No estéril	3	95.00	Sodaneath et al., 2017
	200	<i>Trametes versicolor</i> CBR43	Enzima	No emplearon	<i>in vitro</i>	Matraz	200	No estéril	7.5	90.00	Yang et al., 2017
Acid red 151	100	<i>Aspergillus niger</i> SA1	Enzima	No emplearon	<i>in vitro</i>	Placa	-	No estéril	1	95	Ali et al., 2009
Acid Red 3	85.5	<i>Trichoderma tomentosum</i>	Enzima	No se uso	<i>in vitro</i>	Placa	-	No estéril	3	99.2	He et al., 2018
Acid Scarlet	50	<i>Sterigmatomyces halophilus</i> SSA-1575	Enzima	No usaron	<i>in vitro</i>	Matraz	100	No estéril	2	95.88	Al-Tohamy

											et al., 2021
Acido ABK 194- Acid black 194	30	<i>Bjerkandera adusta</i>	Enzima	Glucosa	<i>in vitro</i>	Matraz	100	Axénica	7	96	Anastasi et al., 2011
Acido Abk 210- Acid black 210	30	<i>Bjerkandera adusta</i>	Enzima	Glucosa	<i>in vitro</i>	Matraz	100	Axénica	7	96.5	Anastasi et al., 2011
Acido AY194	30	<i>Bjerkandera adusta</i>	Enzima	Glucosa	<i>in vitro</i>	Matraz	100	Axénica	7	96	Anastasi et al., 2011
Amarillo reactivo HF2-GL Bromophe nol blue	250	<i>Aspergillus fumigatus</i>	Enzima	Sacarosa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	1	98	Jin et al., 2007
	125	<i>Caripia montagnei</i>	Enzima	Glucosa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	7	52	Lyra et al., 2009
	125	<i>Datronia caperata</i>	Enzima	Glucosa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	7	74.3	Lyra et al., 2009
	125	<i>Earliella scabrosa</i>	Enzima	Glucosa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	7	19.7	Lyra et al., 2009
	125	<i>Fomitopsis feei</i>	Enzima	Glucosa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	7	7.26	Lyra et al., 2009
	125	<i>Ganoderma stiptatum</i>	Enzima	Glucosa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	7	44.2	Lyra et al., 2009
	125	<i>Hexagonia hydnoides</i>	Enzima	Glucosa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	7	71.4	Lyra et al., 2009
	125	<i>Pleurotus ostreatus</i>	Enzima	Glucosa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	7	10.3	Lyra et al., 2009
	125	<i>Pycnoporus sanguineus</i>	Enzima	Glucosa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	7	54.5	Lyra et al., 2009
	125	<i>Trametes membranacea</i>	Enzima	Glucosa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	7	71.8	Lyra et al., 2009
Methylene blue	125	<i>Caripia montagnei</i>	Enzima	Glucosa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	7	10	Lyra et al., 2009
	125	<i>Datronia caperata</i>	Enzima	Glucosa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	7	14.1	Lyra et al., 2009
	125	<i>Earliella scabrosa</i>	Enzima	Glucosa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	7	38.5	Lyra et al., 2009
	125	<i>Fomitopsis feei</i>	Enzima	Glucosa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	7	12.8	Lyra et al., 2009

	125	<i>Ganoderma stiptatum</i>	Enzima	Glucosa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	7	10.3	Lyra et al., 2009
	125	<i>Hexagonia hydroides</i>	Enzima	Glucosa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	7	52.6	Lyra et al., 2009
	125	<i>Pleurotus ostreatus</i>	Enzima	Glucosa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	7	0	Lyra et al., 2009
	125	<i>Pycnoporus sanguineus</i>	Enzima	Glucosa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	7	52.6	Lyra et al., 2009
	125	<i>Trametes membranacea</i>	Enzima	Glucosa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	7	14.1	Lyra et al., 2009
Azul directo 51	200	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>		Hierro cero valencia	<i>in vitro</i>	Placa	-	No estéril	3	96	Fetypan et al., 2016
Azul reactivo BGFN	250	<i>Aspergillus fumigatus</i>	Enzima	Sacarosa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	1	95	Jin et al., 2007
Azul turqueza	-	<i>Leptosphaerulina</i> sp	Enzima	Lacasa sirvió como catalizador	<i>in vitro</i>	Placa	-	No estéril	2	>90	Plácido et al., 2016
Azure B	50	<i>Sterigmatomyces halophilus</i> SSA-1575	Enzima	No usaron	<i>in vitro</i>	Matraz	100	No estéril	2	96.56	Al-Tohamy et al., 2021
Cibacrom brilliant Blue H-GR	100	<i>Pleurotus</i>	Enzima	Lacasa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	0.04	72	Moreita Neto et al., 2013
	100	<i>Trametes versicolor</i>	Enzima	Lacasa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	0.04	76.5	Moreita Neto et al., 2013
	100	<i>Lentinus</i>	Enzima	Lacasa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	0.04	71	Moreita Neto et al., 2013
	100	<i>Peniophora</i>	Enzima	Lacasa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	0.04	77	Moreita Neto et al., 2013
	100	<i>Pycnoporus</i>	Enzima	Lacasa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	0.04	66	Moreita Neto et al., 2013
	100	<i>Rigidoporus</i>	Enzima	Lacasa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	0.04	25	Moreita Neto et al., 2013

	100	<i>Hygrocybe</i>	Enzima	Lacasa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	0.04	67	Moreita Neto et al., 2013
	100	<i>Psilocybe</i>	Enzima	Lacasa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	0.04	77	Moreita Neto et al., 2013
	250	<i>Aspergillus versicolor</i>	Micelio	Lacasa	<i>in vitro</i>	Matraz	100	Axénica	7	69%	Tastan et al., 2012
Cibacron Red	100	<i>Pleurotus</i>	Enzima	Lacasa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	0.04	72	Moreita Neto et al., 2013
	100	<i>Trametes versicolor</i>	Enzima	Lacasa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	0.04	76.5	Moreita Neto et al., 2013
	100	<i>Lentinus</i>	Enzima	Lacasa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	0.04	71	Moreita Neto et al., 2013
	100	<i>Peniophora</i>	Enzima	Lacasa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	0.04	77	Moreita Neto et al., 2013
	100	<i>Pycnoporus</i>	Enzima	Lacasa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	0.04	66	Moreita Neto et al., 2013
	100	<i>Rigidoporus</i>	Enzima	Lacasa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	0.04	25	Moreita Neto et al., 2013
	100	<i>Hygrocybe</i>	Enzima	Lacasa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	0.04	67	Moreita Neto et al., 2013
	100	<i>Psilocybe</i>	Enzima	Lacasa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	0.04	77	Moreita Neto et al., 2013
Disperso naranja 3	200	<i>Trametes versicolor CBR43</i>	Enzima	No emplearon	<i>in vitro</i>	Matraz	200	No estéril	7.5	60.00	Yang et al., 2017
Disperso negro 1	200	<i>Trametes versicolor CBR43</i>	Enzima	No emplearon	<i>in vitro</i>	Matraz	200	No estéril	7.5	90.00	Yang et al., 2017
Disperso rojo 1	200	<i>Trametes versicolor CBR43</i>	Enzima	No emplearon	<i>in vitro</i>	Matraz	200	No estéril	7.5	51.00	Yang et al., 2017
Everdirect Fast Black VSF	250	<i>Aspergillus versicolor</i>	Micelio	Lacasa	<i>in vitro</i>	Matraz	100	Axénica	7	90%	Tastan et al., 2012

(EFB-VSF)											
Indigo Carmín	500	<i>Heterobasidióon insulare</i>	Enzima	-	<i>in vitro</i>	Matraz	250	No estéril	-	93%	Li et al., 2016
Maxilon Red GRL (MR-GRL)	250	<i>Aspergillus versicolor</i>	Micelio	Lacasa	<i>in vitro</i>	Matraz	100	Axénica	7	55	Tastan et al., 2012
Methyl orange	125	<i>Caripia montagnei</i>	Enzima	Glucosa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	7	21.20%	Lyra et al., 2009
	125	<i>Datronia caperata</i>	Enzima	Glucosa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	7	61.7	Lyra et al., 2009
	125	<i>Earliella scabrosa</i>	Enzima	Glucosa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	7	96.6	Lyra et al., 2009
	125	<i>Fomitopsis feei</i>	Enzima	Glucosa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	7	64.8	Lyra et al., 2009
	125	<i>Ganoderma stiptatum</i>	Enzima	Glucosa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	7	21	Lyra et al., 2009
	125	<i>Hexagonia hydnoides</i>	Enzima	Glucosa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	7	95.6	Lyra et al., 2009
	125	<i>Pleurotus ostreatus</i>	Enzima	Glucosa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	7	16.3	Lyra et al., 2009
	125	<i>Pycnoporus sanguineus</i>	Enzima	Glucosa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	7	97.4	Lyra et al., 2009
	125	<i>Trametes membranacea</i>	Enzima	Glucosa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	7	99.2	Lyra et al., 2009
Negro reactivo B-150	250	<i>Aspergillus fumigatus</i>	Enzima	Sacarosa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	1	99	Jin et al., 2007
Negro reactivo RC	250	<i>Aspergillus fumigatus</i>	Enzima	Sacarosa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	1	100	Jin et al., 2007
No se identificó el tinte debido a que era un efluente real	-	<i>Aspergillus flavus</i>	Enzima	La glucosa provocó una mayor degradación	<i>in vitro</i>	Matraz	250	No estéril	7	54.68	Selim et al., 2021

	-	<i>Fusarium oxysporium</i>	Enzima	La glucosa provocó una mayor degradación	<i>in vitro</i>	Matraz	250	No estéril	7	52.41	Selim et al., 2021
	-	Consortio: <i>Aspergillus flavus</i> y <i>Fusarium oxysporium</i>	Enzima	La glucosa provocó una mayor degradación	<i>in vitro</i>	Matraz	250	No estéril	7	78.12	Selim et al., 2021
	-	<i>Clitocybula duseinii</i>	Enzimas ligninolíticas	lacasa actividad > efluente altamente diluido MnP incremento en la degradación de efluentes más concentrados	<i>in vitro</i>	-	-	-	20	90%	Wesenberg et al., 2002
Novacrom red	-	<i>Leptosphaerulina</i> sp	Enzima	Lacasa sirvió como catalizador	<i>in vitro</i>	Placa	-	No estéril	2	>90	Plácido et al., 2016
Orange G	100	<i>Trametes versicolor</i>	Enzima	Lacasa	<i>in vitro</i>	Reactor	1500	Axénica	1	99.7%	Casas et al., 2007
Orange II	100	<i>Aspergillus niger</i> SA1	Enzima	No emplearon	<i>in vitro</i>	Placa	-	No estéril	1	65	Ali et al., 2009
Orange MX 2R (CI Reactive Orange 4)	250	<i>Trametes versicolor</i>	Enzima	La glucosa provocó una mayor degradación	<i>in vitro</i>	Matraz	500	Axénica	10	92	Amaral et al., 2004
Reactive black 5	100	<i>Polyporus rubidus</i>	Enzima	Lacasa	<i>in vitro</i>	Reactor	-	Axénica	2	90	Dayaram, P., Dasgupta, D., 2008
	50	<i>Sterigmatomyces halophilus</i> SSA-1575	Enzima	No usaron	<i>in vitro</i>	Matraz	100	No estéril	2	98.71	Al-Tohamy et al., 2021
	100-1000	<i>Aspergillus tamarii</i>	Enzima	No se uso	<i>in vitro</i>	Matraz	250	No estéril	3	99.90	Sharma et al., 2017

	200	<i>Bjerkandera adusta</i> OBR 105	Enzima	-	<i>in vitro</i>	Reactor	1970	No estéril	3	94.00	Sodaneath et al., 2017
	200	<i>Trametes versicolor</i> CBR43	Enzima	No emplearon	<i>in vitro</i>	Matraz	200	No estéril	7.5	90.00	Yang et al., 2017
	100	<i>Funalia trogii</i>	Enzima	Lacasa	<i>in vitro</i>	Placas	-	Axénica	5	99	Park et al., 2007
	200	<i>Candida oleophila</i>	Enzima	Catalizador ácido fenólico	<i>in vitro</i>	placa	-	Axénica	1	97.5%	Lucas et al., 2006
	-	<i>Leptosphaerulina</i> sp	Enzima	Lacasa sirvió como catalizador	<i>in vitro</i>	Placa	-	No estéril	2	>90	Plácido et al., 2016
	100	<i>Penicillium jensenii</i>	Enzima	No emplearon	<i>in vitro</i>	Matraz	250	No estéril	7	55.6	Aydin et al., 2014
	200	<i>Aspergillus carneus</i>	Enzima	No emplearon	<i>in vitro</i>	Matraz	250	No estéril	7	94.6	Aydin et al., 2014
	100	<i>Aspergillus fumigatus</i>	Enzima	No emplearon	<i>in vitro</i>	Matraz	250	No estéril	7	79	Aydin et al., 2014
	100	<i>Penicillium waksmani</i>	Enzima	No emplearon	<i>in vitro</i>	Matraz	250	No estéril	7	78	Aydin et al., 2014
	250	<i>Trametes versicolor</i>	Enzima	La glucosa provocó una mayor degradación	<i>in vitro</i>	Matraz	500	Axénica	10	95	Amaral et al., 2004
Reactive blue 19	50	<i>Sterigmatomyces halophilus</i> SSA-1575	Enzima	No usaron	<i>in vitro</i>	Matraz	100	No estéril	2	94.8	Al-Tohamy et al., 2021
	500	<i>Aspergillus niger</i>	Enzima	-	<i>in vitro</i>	Matraz	250	No estéril	5	98.00	Omar et al., 2016
	100	<i>Funalia trogii</i>	Enzima	Lacasa	<i>in vitro</i>	Placas	-	Axénica	5	100	Park et al., 2007
Reactive blue 21	500	<i>Aspergillus niger</i>	Enzima	-	<i>in vitro</i>	Matraz	250	No estéril	5	98.00	Omar et al., 2016
Reactive blue 4	200	<i>Bjerkandera adusta</i> OBR 105	Enzima	-	<i>in vitro</i>	Reactor	1970	No estéril	3	92.00	Sodaneath et al., 2017
	200	<i>Trametes versicolor</i> CBR43	Enzima	No emplearon	<i>in vitro</i>	Matraz	200	No estéril	7.5	90.00	Yang et al., 2017
	200	<i>Trametes versicolor</i>	Enzima	Glucosa como fuente de carbono	<i>in vitro</i>	Reactor	1260	Axénica	3	85	Nilsson et al., 2006

Reactive blue 49	100	<i>Funalia trogii</i>	Enzima	Lacasa	<i>in vitro</i>	Placas	-	Axénica	5	100	Park et al., 2007
Reactive blue	100	<i>Polyporus rubidus</i>	Enzima	Lacasa	<i>in vitro</i>	Reactor	-	Axénica	2	70	Dayaram, P., Dasgupta, D., 2008
Reactive orange	100	<i>Polyporus rubidus</i>	Enzima	Lacasa	<i>in vitro</i>	Reactor	-	Axénica	2	80	Dayaram, P., Dasgupta, D., 2008
Reactive orange 122	500	<i>Aspergillus niger</i>	Enzima	-	<i>in vitro</i>	Matraz	250	No estéril	5	98.00	Omar et al., 2016
reactive orange 16	100-1000	<i>Aspergillus tamaritii</i>	Enzima	No se uso	<i>in vitro</i>	Matraz	250	No estéril	3	93.20	Sharma et al., 2017
	200	<i>Bjerkandera adusta OBR 105</i>	Enzima	-	<i>in vitro</i>	Reactor	1970	No estéril	3	93.00	Sodaneath et al., 2017
	200	<i>Trametes versicolor CBR43</i>	Enzima	No emplearon	<i>in vitro</i>	Matraz	200	No estéril	7.5	90.00	Yang et al., 2017
	100	<i>Funalia trogii</i>	Enzima	Lacasa	<i>in vitro</i>	Placas	-	Axénica	5	99.8	Park et al., 2007
	100	<i>Phanerochaete veluntina</i>	Enzima	Ni y Co no impide el desarrollo del microorganismo fúngico	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	14	55	Zafiu et al., 2021
	250	<i>Ganoderma sp.</i>	Enzima	Lacasa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	4	95.10%	Ma et al., 2014
Reactive red H8B	100	<i>Penicillium jensenii</i>	Enzima	No emplearon	<i>in vitro</i>	Matraz	250	No estéril	7	66.8	Aydin et al., 2014
	200	<i>Aspergillus carneus</i>	Enzima	No emplearon	<i>in vitro</i>	Matraz	250	No estéril	7	93.4	Aydin et al., 2014
	100	<i>Aspergillus fumigatus</i>	Enzima	No emplearon	<i>in vitro</i>	Matraz	250	No estéril	7	75.2	Aydin et al., 2014
	100	<i>Penicillium waksmani</i>	Enzima	No emplearon	<i>in vitro</i>	Matraz	250	No estéril	7	60.6	Aydin et al., 2014
Reactive Red 120	50	<i>Sterigmatomyces halophilus SSA-1575</i>	Enzima	No usaron	<i>in vitro</i>	Matraz	100	No estéril	2	93.46	Al-Tohamy et al., 2021

	200	<i>Bjerkandera adusta</i> OBR 105	Enzima	-	<i>in vitro</i>	Reactor	1970	No estéril	3	91.00	Sodaneath et al., 2017
	200	<i>Trametes versicolor</i> CBR43	Enzima	No emplearon	<i>in vitro</i>	Matraz	200	No estéril	7.5	90.00	Yang et al., 2017
Reactive red 198	500	<i>Aspergillus niger</i>	Enzima	-	<i>in vitro</i>	Matraz	250	No estéril	5	98.00	Omar et al., 2016
Reactive red 2	200	<i>Trametes versicolor</i>	Enzima	Glucosa como fuente de carbono	<i>in vitro</i>	Reactor	1260	Axénica	3	78	Nilsson et al., 2006
reactive violet 5	100-1000	<i>Aspergillus tamaritii</i>	Enzima	No se uso	<i>in vitro</i>	Matraz	250	No estéril	3	99.98	Sharma et al., 2017
Reactive yellow 160	500	<i>Aspergillus niger</i>	Enzima	-	<i>in vitro</i>	Matraz	250	No estéril	5	98.00	Omar et al., 2016
Remazol Brilliant Blue	200	<i>Ganoderma lucidum</i>	Gen	Catalizador: Na y Cu	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	30 min	50.00	Qin et al., 2019
	100	<i>Penicillium jensenii</i>	Enzima	No emplearon	<i>in vitro</i>	Matraz	250	No estéril	7	78.4	Aydin et al., 2014
	200	<i>Aspergillus carneus</i>	Enzima	No emplearon	<i>in vitro</i>	Matraz	250	No estéril	7	93.4	Aydin et al., 2014
	100	<i>Aspergillus fumigatus</i>	Enzima	No emplearon	<i>in vitro</i>	Matraz	250	No estéril	7	83.6	Aydin et al., 2014
	100	<i>Penicillium waksmani</i>	Enzima	No emplearon	<i>in vitro</i>	Matraz	250	No estéril	7	92.2	Aydin et al., 2014
Remazol red 3B (CI Reactive Red 23)	250	<i>Trametes versicolor</i>	Enzima	La glucosa provocó una mayor degradación	<i>in vitro</i>	Matraz	500	Axénica	10	93	Amaral et al., 2004
Remazol Red RR Gran	10	<i>Phanerochaete chrysosporium</i>	Enzima	Lignina peroxidasa (LiP) Manganeso peroxidasa (MnP)	<i>in vitro</i>	Reactor	-	Axénica	2	96%	Demir et al., 2004
Rojo ácido (AR 151)	250	<i>Aspergillus niger</i>	Enzima	Glucosa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	8	97.55%	Ali et al., 2008
Rojo Básico 18 / Remozal	100	<i>Aspergillus carbonarius</i> M333	Micelio	Glucosa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	4	95.00	Isik et al., 2019

Brillant Blue												
rojo Congo	48.5	<i>Aspergillus flavus</i> JKSC-7	Enzima	La degradación no se ve afectada por la presencia del Ni, Pn y As	<i>in vitro</i>	Placa	-	No estéril	3	96.92	Chatterjee et al., 2020	
	600	<i>Alternaria alternata</i>	Enzima	Glucosa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	2	99.99%	Chakraborty et al., 2013	
	100	<i>Polyporus rubidus</i>	Enzima	Lacasa	<i>in vitro</i>	Reactor	-	Axénica	2	100	Dayaram, P., Dasgupta, D., 2008	
Rojo de metilo	50	<i>Aspergillus sp</i>	Enzima	La glucosa puede mejorar el proceso de decoloración	<i>in vitro</i>	Reactor	300	No estéril	3	98.2	Kim et al., 2017	
Phenol red	125	<i>Caripia montagnei</i>	Enzima	Glucosa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	7	92	Lyra et al., 2009	
	125	<i>Datronia caperata</i>	Enzima	Glucosa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	7	19.7	Lyra et al., 2009	
	125	<i>Earliella scabrosa</i>	Enzima	Glucosa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	7	96.5	Lyra et al., 2009	
	125	<i>Fomitopsis feei</i>	Enzima	Glucosa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	7	0	Lyra et al., 2009	
	125	<i>Ganoderma stiptatum</i>	Enzima	Glucosa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	7	0	Lyra et al., 2009	
	125	<i>Hexagonia hydroides</i>	Enzima	Glucosa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	7	14.4	Lyra et al., 2009	
	125	<i>Pleurotus ostreatus</i>	Enzima	Glucosa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	7	0	Lyra et al., 2009	
	125	<i>Pycnoporus sanguineus</i>	Enzima	Glucosa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	7	0	Lyra et al., 2009	
	125	<i>Trametes membranacea</i>	Enzima	Glucosa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	7	95.4	Lyra et al., 2009	
Rojo reactivo A-6BF	250	<i>Aspergillus fumigatus</i>	Enzima	Sacarosa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	1	98	Jin et al., 2007	
Synozol red 6BN	100	<i>Aspergillus niger</i>	Enzima	Lacasa	<i>in vitro</i>	Matraz	1000	Axénica	24	88	Ilyas et al., 2013	

	100	<i>Nigrospora sp</i>	Enzima	Lacasa	<i>in vitro</i>	Matraz	1000	Axénica	24	96	Ilyas et al., 2013
Tinte Sari	10 ml	<i>Aspergillus niger</i> MTCC 1344	Micelio	No usaron	<i>in vitro</i>	Matraz	250	No estéril	7	78.00	Singh et al., 2020
Tris - azodie (DBU1L38)	250	<i>Phanerochaete chrysosporium</i> <i>Pleurotus ostreatus</i>	Enzima	Lacasa	<i>in vitro</i>	Placa	-	Axénica	6	100%	Faraco et al., 2009
Methyl green	125	<i>Caripia montagnei</i>	Enzima	Glucosa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	7	0	Lyra et al., 2009
	125	<i>Datronia caperata</i>	Enzima	Glucosa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	7	20.3	Lyra et al., 2009
	125	<i>Earliella scabrosa</i>	Enzima	Glucosa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	7	95.8	Lyra et al., 2009
	125	<i>Fomitopsis feei</i>	Enzima	Glucosa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	7	0	Lyra et al., 2009
	125	<i>Ganoderma stiptatum</i>	Enzima	Glucosa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	7	67.3	Lyra et al., 2009
	125	<i>Hexagonia hydroides</i>	Enzima	Glucosa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	7	46.7	Lyra et al., 2009
	125	<i>Pleurotus ostreatus</i>	Enzima	Glucosa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	7	54.2	Lyra et al., 2009
	125	<i>Pycnoporus sanguineus</i>	Enzima	Glucosa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	7	72.6	Lyra et al., 2009
	125	<i>Trametes membranacea</i>	Enzima	Glucosa	<i>in vitro</i>	Matraz	250	Axénica	7	44	Lyra et al., 2009
Victoria blue B (VB)	250	<i>Phanerochaete chrysosporium</i> <i>Trametes versicolor</i> CDBB-H1051	Enzima	Lacasa	<i>in vitro</i>	Matraz	50	Axénica	12	83%	Gomma et al., 2008
vinil sulfona	100		Enzima	No se uso	<i>in vitro</i>	Reactor	750	Axénica	3	96.00	Lemus-Gómez et al., 2018
Violeta ácido 43	100	<i>Funalia trogii</i>	Enzima	Lacasa	<i>in vitro</i>	Placas	-	Axénica	5	100	Park et al., 2007

Existe una gran cantidad de colorantes textiles debido a la variedad de colores que se emplea hoy en día (Barajas et al. 2016) siendo estos difíciles de degradar debido a la composición orgánica que poseen en su estructura molecular (Chen et al., 2021), 64 de estos se pusieron a prueba con organismos fúngicos para ver el porcentaje de decoloración debido a que con métodos convencionales se forma lodos y son muy costosos (Sheam et al., 2021).

Los organismos fúngicos pueden degradar los colorantes textiles mediante la adsorción (Naturaleza del colorante 1), actividad enzimática (Sodaneath et al., 2017; Yang et al., 2017; Park et al., 2007; Ali et al., 2009; Al-Tohamy et al., 2021; Anastasi et al., 2011; Jin et al., 2007; Lyra et al., 2009; Fetypan et al., 2016; Plácido et al., 2016; Moreita Neto et al., 2013; Li et al., 2016; Selim et al., 2021; Wesenberg et al., 2002; Plácido et al., 2016; Casas et al., 2007; Amaral et al., 2004; He et al., 2018; Omar et al., 2016; Park et al., 2007; Sodaneath et al., 2017; Nilsson et al., 2006; Dayaram, P., Dasgupta, D., 2008; Sharma et al., 2017; Zafiu et al., 2021; Ma et al., 2014; Aydin et al., 2014; Chatterjee et al., 2020; Chakraborty et al., 2013 y Lemus et al., 2018), micelio (Tastan et al., 2012 y Isik et al., 2019) y al gen (Qin et al., 2019) obteniendo un excelente eficiencia y además sin generar productos tóxicos (Yadav et al., 2021)

La decoloración por enzimas al ser más eficientes y tener un mejor proceso (De Souza et al., 2020), obtuvo un promedio de decoloración del 72.6% con un promedio de 5 días, mientras que el micelio con un 77.4% con 6 días como promedio y el gen con 50% obtenido en 1 día. Además, para mejorar el tiempo de decoloración se utilizó un catalizador o un inductor, como son los biocatalizadores que bioconvierten los medios coloridos en medios naturales (Polak et al., 2012) como es el caso de la lacasa, sin embargo, si estos son provenientes de un organismo fúngico la capacidad oxidativa aumenta haciendo que la decoloración sea más rápida, especialmente para colorantes de la industria textil (Polak et al., 2012).

4.3. Naturaleza de los colorantes en efluentes textiles

Los efluentes estaban compuestos por colorantes como el Reactive black 5 que representa un 8%, mientras que el Bromophenol blue, Methyl green, Methylene blue, Phenol red y Methyl orange cada uno con un 6%, siguiéndole el Cibacrom brilliant Blue H-GR y Cibacron Red con un 5%, reactive orange 16 con un 4% respectivamente, Reactive red H8B y Remazol Brilliant Blue ambos con un 3%, mientras que Reactive blue 19, Reactive Red 120 y rojo Congo representando cada uno un 2% y finalmente, para los colores Violeta ácido 43, vinil sulfona, Victoria blue B (VB), Tris - azodie (DBU1L38), Tinte Sari, Synozol red 6BN, Rojo reactivo A-6BF, Rojo de metilo, Rojo Básico 18 / Remozol Brilliant Blue, Rojo ácido (AR 151), Remazol Red RR Gran, Remazol red 3B (CI Reactive Red 23), Reactive yellow 160, reactive violet 5, Reactive red 2, Reactive red 198, Reactive orange 122, Reactive orange, Reactive blue, Reactive blue 49, Reactive blue 4, Reactive blue 21, Orange MX 2R (CI Reactive Orange 4), Orange II, Orange G, Novacrom red, Negro reactivo RC, Negro reactivo B-150, Maxilon Red GRL , Indigo Carmín, Everdirect Fast Black VSF, Disperso rojo 1, Disperso negro 1, Disperso naranja 3, Brilliant Blue R , Azure B, Azul turqueza, Azul reactivo BGFN, Azul directo 51, Amarillo reactivo HF2-GL, Acido AY194, Acido Abk 210, Acido ABK 194, Acid Scarlet, Acid Red 3, Acid red 151, Acid red 114, Acid orange 7, Acid blue 62, Acid black 52, Acid black 172 con un 1% cada uno respectivamente, estos colorantes pertenecían a los grupos funcionales azoicos en un 55%, Antraquinona 16%, Trifenil metano 11%, Sulfónico 6%, Tiazina 6%, ftalocianina 1%, Triaril metano 1% y un grupo funcional no identificado que tenía el 4% de estos colorantes. Los tintes azoicos o azo es la clase más grande de tintes orgánicos sintéticos, de la cual tienen una estructura molecular compleja por ello son resistentes a varios tratamientos físicos y químicos (Chatterjee et al., 2020), por tal motivo este tinte representa un problema medioambiental grave cuando se liberan en las aguas residuales (Lemus et al., 2018), como es el caso del Reactive Orange 16 que es de uso común en los tintes reactivos, por lo que es difícil de degradar con algunos métodos de tratamiento convencionales (Ma et al., 2014).

Tabla 9

Naturaleza de los colorantes en efluentes textiles susceptibles de degradación por hongos

Colorante degradado	Recalcitrancia	Tipo según grupo funcional	Especie de hongo	Referencia
Acid black 172	No	Azo	<i>Bjerkandera adusta</i> OBR 105	Sodaneath et al., 2017
	No	Azo	<i>Trametes versicolor</i> CBR43	Yang et al., 2017
Acid black 52	si	Azo	<i>Funalia trogii</i>	Park et al., 2007
Acid blue 62	No	Antraquinona	<i>Bjerkandera adusta</i> OBR 105	Sodaneath et al., 2017
	No	Antraquinona	<i>Trametes versicolor</i> CBR43	Yang et al., 2017
Acid orange 7	Si	Azo	<i>Bjerkandera adusta</i> OBR 105	Sodaneath et al., 2017
Acid red 114	si	Azo	<i>Bjerkandera adusta</i> OBR 105	Sodaneath et al., 2017
	si	Azo	<i>Trametes versicolor</i> CBR43	Yang et al., 2017
Acid red 151	Si	Azo	<i>Aspergillus niger</i> SA1	Ali et al., 2009
Acid Red 3	Si	Azo	<i>Trichoderma tomentosum</i>	He et al., 2018
Acid Scarlet	Si	Azo	<i>Sterigmatomyces halophilus</i> SSA-1575	Al-Tohamy et al., 2021
Acido ABK 194- Acid black 194	si	Azo	<i>Bjerkandera adusta</i>	Anastasi et al., 2011
Acido Abk 210- Acid black 210	Si	Azo	<i>Bjerkandera adusta</i>	Anastasi et al., 2011
Acido AY194	Si	Azo	<i>Bjerkandera adusta</i>	Anastasi et al., 2011
Amarillo reactivo HF2-GL	Si	Azo	<i>Aspergillus fumigatus</i>	Jin et al., 2007
Bromophenol blue	No	Trifenil metano	<i>Caripia montagnei</i>	Lyra et al., 2009
	No	Trifenil metano	<i>Datronia caperata</i>	Lyra et al., 2009
	No	Trifenil metano	<i>Earliella scabrosa</i>	Lyra et al., 2009
	No	Trifenil metano	<i>Fomitopsis feei</i>	Lyra et al., 2009
	No	Trifenil metano	<i>Ganoderma stipitatum</i>	Lyra et al., 2009
	No	Trifenil metano	<i>Hexagonia hydnoides</i>	Lyra et al., 2009
	No	Trifenil metano	<i>Pleurotus ostreatus</i>	Lyra et al., 2009

	No	Trifenil metano	<i>Pycnoporus sanguineus</i>	Lyra et al., 2009
	No	Trifenil metano	<i>Trametes membranacea</i>	Lyra et al., 2009
Methylene blue	No	Tiazina	<i>Caripia montagnei</i>	Lyra et al., 2009
	No	Tiazina	<i>Datronia caperata</i>	Lyra et al., 2009
	No	Tiazina	<i>Earliella scabrosa</i>	Lyra et al., 2009
	No	Tiazina	<i>Fomitopsis feei</i>	Lyra et al., 2009
	No	Tiazina	<i>Ganoderma stipitatum</i>	Lyra et al., 2009
	No	Tiazina	<i>Hexagonia hydroides</i>	Lyra et al., 2009
	No	Tiazina	<i>Pleurotus ostreatus</i>	Lyra et al., 2009
	No	Tiazina	<i>Pycnoporus sanguineus</i>	Lyra et al., 2009
	No	Tiazina	<i>Trametes membranacea</i>	Lyra et al., 2009
Azul directo 51	si	Azo	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Fetypan et al., 2016
Azul reactivo BGFN	No	Antraquinona	<i>Aspergillus fumigatus</i>	Jin et al., 2007
Azul turqueza	No	ftalocianina	<i>Leptosphaerulina sp</i>	Plácido et al., 2016
Azure B	Si	Azo	<i>Sterigmatomyces halophilus SSA-1575</i>	Al-Tohamy et al., 2021
Cibacrom brillant Blue H-GR	No	Antraquinona	<i>Pleurotus</i>	Moreita Neto et al., 2013
	No	Antraquinona	<i>Trametes versicolor</i>	Moreita Neto et al., 2013
	No	Antraquinona	<i>Lentinus</i>	Moreita Neto et al., 2013
	No	Antraquinona	<i>Peniophora</i>	Moreita Neto et al., 2013
	No	Antraquinona	<i>Pycnoporus</i>	Moreita Neto et al., 2013
	No	Antraquinona	<i>Rigidoporus</i>	Moreita Neto et al., 2013
	No	Antraquinona	<i>Hygrocybe</i>	Moreita Neto et al., 2013
	No	Antraquinona	<i>Psilocybe</i>	Moreita Neto et al., 2013
	No	Antraquinona	<i>Aspergillus versicolor</i>	Tastan et al., 2012
Cibacron Red	Si	Azo	<i>Pleurotus</i>	Moreita Neto et al., 2013
	Si	Azo	<i>Trametes versicolor</i>	Moreita Neto et al., 2013
	Si	Azo	<i>Lentinus</i>	Moreita Neto et al., 2013

	Si	Azo	<i>Peniophora</i>	Moreita Neto et al., 2013
	Si	Azo	<i>Pycnoporus</i>	Moreita Neto et al., 2013
	Si	Azo	<i>Rigidoporus</i>	Moreita Neto et al., 2013
	Si	Azo	<i>Hygrocybe</i>	Moreita Neto et al., 2013
	Si	Azo	<i>Psilocybe</i>	Moreita Neto et al., 2013
Disperso naranja 3	Si	Azo	<i>Trametes versicolor</i> CBR43	Yang et al., 2017
Disperso negro 1	Si	Azo	<i>Trametes versicolor</i> CBR43	Yang et al., 2017
Disperso rojo 1	Si	Azo	<i>Trametes versicolor</i> CBR43	Yang et al., 2017
Everdirect Fast Black VSF (EFB-VSF)	No	Azo	<i>Aspergillus versicolor</i>	Tastan et al., 2012
Indigo Carmín	-	-	<i>Heterobasidióon insulare</i>	Li et al., 2016
Maxilon Red GRL (MR-GRL)	Si	Azo	<i>Aspergillus versicolor</i>	Tastan et al., 2012
Methyl orange	Si	Azo	<i>Caripia montagnei</i>	Lyra et al., 2009
	Si	Azo	<i>Datronia caperata</i>	Lyra et al., 2009
	Si	Azo	<i>Earliella scabrosa</i>	Lyra et al., 2009
	Si	Azo	<i>Fomitopsis feei</i>	Lyra et al., 2009
	Si	Azo	<i>Ganoderma stiptatum</i>	Lyra et al., 2009
	Si	Azo	<i>Hexagonia hydnoides</i>	Lyra et al., 2009
	Si	Azo	<i>Pleurotus ostreatus</i>	Lyra et al., 2009
	Si	Azo	<i>Pycnoporus sanguineus</i>	Lyra et al., 2009
	Si	Azo	<i>Trametes membranacea</i>	Lyra et al., 2009
Negro reactivo B-150	Si	Azo	<i>Aspergillus fumigatus</i>	Jin et al., 2007
Negro reactivo RC	Si	Azo	<i>Aspergillus fumigatus</i>	Jin et al., 2007
No se identificó el tinte debido a que era un efluente real	-	-	<i>Aspergillus flavus</i>	Selim et al., 2021
	-	-	<i>Fusarium oxysporium</i>	Selim et al., 2021

	-	-	Consorcio: <i>Aspergillus flavus</i> y <i>Fusarium oxysporium</i>	Selim et al., 2021
	-	-	<i>Clitocybula dusenii</i>	Wesenberg et al., 2002
Novacrom red	Si	Azo	<i>Leptosphaerulina</i> sp	Plácido et al., 2016
Orange G	Si	Azo	<i>Trametes versicolor</i>	Casas et al., 2007
Orange II	Si	Azo	<i>Aspergillus niger</i> SA1	Ali et al., 2009
Orange MX 2R (CI Reactive Orange 4)	Si	Azo	<i>Trametes versicolor</i>	Amaral et al., 2004
Reactive black 5	Si	Azo	<i>Polyporus rubidus</i>	Dayaram, P., Dasgupta, D., 2008
	Si	Azo	<i>Sterigmatomyces halophilus</i> SSA-1575	Al-Tohamy et al., 2021
	Si	Azo	<i>Aspergillus tamarii</i>	Sharma et al., 2017
	Si	Azo	<i>Bjerkandera adusta</i> OBR 105	Sodaneath et al., 2017
	Si	Azo	<i>Trametes versicolor</i> CBR43	Yang et al., 2017
	Si	Azo	<i>Funalia trogii</i>	Park et al., 2007
	Si	Azo	<i>Candida oleophila</i>	Lucas et al., 2006
	Si	Azo	<i>Leptosphaerulina</i> sp	Plácido et al., 2016
	Si	Azo	<i>Penicillium jensenii</i>	Aydin et al., 2014
	Si	Azo	<i>Aspergillus carneus</i>	Aydin et al., 2014
	Si	Azo	<i>Aspergillus fumigatus</i>	Aydin et al., 2014
	Si	Azo	<i>Penicillium waksmani</i>	Aydin et al., 2014
	Si	Azo	<i>Trametes versicolor</i>	Amaral et al., 2004
Reactive blue 19	No	Antraquinona	<i>Sterigmatomyces halophilus</i> SSA-1575	Al-Tohamy et al., 2021
	No	Antraquinona	<i>Aspergillus niger</i>	Omar et al., 2016
	No	Antraquinona	<i>Funalia trogii</i>	Park et al., 2007

Reactive blue 21	No	ftalocianina	<i>Aspergillus niger</i>	Omar et al., 2016
Reactive blue 4	No	Antraquinona	<i>Bjerkandera adusta</i> OBR 105	Sodaneath et al., 2017
	No	Antraquinona	<i>Trametes versicolor</i> CBR43	Yang et al., 2017
	No	Antraquinona	<i>Trametes versicolor</i>	Nilsson et al., 2006
Reactive blue 49	No	Antraquinona	<i>Funalia trogii</i>	Park et al., 2007
Reactive blue	No	Antraquinona	<i>Polyporus rubidus</i>	Dayaram, P., Dasgupta, D., 2008
Reactive orange	Si	Azo	<i>Polyporus rubidus</i>	Dayaram, P., Dasgupta, D., 2008
Reactive orange 122	Si	Azo	<i>Aspergillus niger</i>	Omar et al., 2016
reactive orange 16	Si	Azo	<i>Aspergillus tamaritii</i>	Sharma et al., 2017
	Si	Azo	<i>Bjerkandera adusta</i> OBR 105	Sodaneath et al., 2017
	Si	Azo	<i>Trametes versicolor</i> CBR43	Yang et al., 2017
	Si	Azo	<i>Funalia trogii</i>	Park et al., 2007
	Si	Azo	<i>Phanerochaete veluntina</i>	Zafiu et al., 2021
	Si	Azo	<i>Ganoderma sp.</i>	Ma et al., 2014
Reactive red H8B	Si	Azo	<i>Penicillium jensenii</i>	Aydin et al., 2014
	Si	Azo	<i>Aspergillus carneus</i>	Aydin et al., 2014
	Si	Azo	<i>Aspergillus fumigatus</i>	Aydin et al., 2014
	Si	Azo	<i>Penicillium waksmani</i>	Aydin et al., 2014
Reactive Red 120	Si	Azo	<i>Sterigmatomyces halophilus</i> SSA-1575	Al-Tohamy et al., 2021
	Si	Azo	<i>Bjerkandera adusta</i> OBR 105	Sodaneath et al., 2017
	Si	Azo	<i>Trametes versicolor</i> CBR43	Yang et al., 2017
Reactive red 198	Si	Azo	<i>Aspergillus niger</i>	Omar et al., 2016
Reactive red 2	Si	Azo	<i>Trametes versicolor</i>	Nilsson et al., 2006
reactive violet 5	Si	Azo	<i>Aspergillus tamaritii</i>	Sharma et al., 2017
Reactive yellow 160	Si	Azo	<i>Aspergillus niger</i>	Omar et al., 2016
Remazol Brilliant Blue	No	Antraquinona	<i>Ganoderma lucidum</i>	Qin et al., 2019

	No	Antraquinona	<i>Penicillium jensenii</i>	Aydin et al., 2014
	No	Antraquinona	<i>Aspergillus carneus</i>	Aydin et al., 2014
	No	Antraquinona	<i>Aspergillus fumigatus</i>	Aydin et al., 2014
	No	Antraquinona	<i>Penicillium waksmani</i>	Aydin et al., 2014
Remazol red 3B (CI Reactive Red 23)	Si	Azo	<i>Trametes versicolor</i>	Amaral et al., 2004
Remazol Red RR Gran	Si	Azo	<i>Phanerochaete chrysosporium</i>	Demir et al., 2004
Rojo ácido (AR 151)	Si	Azo	<i>Aspergillus niger</i>	Ali et al., 2008
Rojo Básico 18 / Remozal Brillant Blue	-	-	<i>Aspergillus carbonarius M333</i>	Isik et al., 2019
rojo Congo	Si	Azo	<i>Aspergillus flavus JKSC-7</i>	Chatterjee et al., 2020
	Si	Azo	<i>Alternaria alternata</i>	Chakraborty et al., 2013
	Si	Azo	<i>Polyporus rubidus</i>	Dayaram, P., Dasgupta, D., 2008
Rojo de metilo	Si	Azo	<i>Aspergillus sp</i>	Kim et al., 2017
Phenol red	No	Sulfónico	<i>Caripia montagnei</i>	Lyra et al., 2009
	No	Sulfónico	<i>Datronia caperata</i>	Lyra et al., 2009
	No	Sulfónico	<i>Earliella scabrosa</i>	Lyra et al., 2009
	No	Sulfónico	<i>Fomitopsis feei</i>	Lyra et al., 2009
	No	Sulfónico	<i>Ganoderma stiptatum</i>	Lyra et al., 2009
	No	Sulfónico	<i>Hexagonia hydroides</i>	Lyra et al., 2009
	No	Sulfónico	<i>Pleurotus ostreatus</i>	Lyra et al., 2009
	No	Sulfónico	<i>Pycnoporus sanguineus</i>	Lyra et al., 2009
	No	Sulfónico	<i>Trametes membranacea</i>	Lyra et al., 2009
Rojo reactivo A-6BF	Si	Azo	<i>Aspergillus fumigatus</i>	Jin et al., 2007
Synozol red 6BN	Si	Azo	<i>Aspergillus niger</i>	Ilyas et al., 2013
	Si	Azo	<i>Nigrospora sp</i>	Ilyas et al., 2013
Tinte Sari	-	-	<i>Aspergillus niger MTCC 1344</i>	Singh et al., 2020

Tris - azodie (DBU1L38)	Si	Azo	<i>Phanerochaete chrysosporium</i> <i>Pleurotus ostreatus</i>	Faraco et al., 2009
Methyl green	No	Trifenil metano	<i>Carpinia montagnei</i>	Lyra et al., 2009
	No	Trifenil metano	<i>Datronia caperata</i>	Lyra et al., 2009
	No	Trifenil metano	<i>Earliella scabrosa</i>	Lyra et al., 2009
	No	Trifenil metano	<i>Fomitopsis feei</i>	Lyra et al., 2009
	No	Trifenil metano	<i>Ganoderma stiptatum</i>	Lyra et al., 2009
	No	Trifenil metano	<i>Hexagonia hydnoides</i>	Lyra et al., 2009
	No	Trifenil metano	<i>Pleurotus ostreatus</i>	Lyra et al., 2009
	No	Trifenil metano	<i>Pycnoporus sanguineus</i>	Lyra et al., 2009
	No	Trifenil metano	<i>Trametes membranacea</i>	Lyra et al., 2009
Victoria blue B (VB)	No	Triaril metano	<i>Phanerochaete chrysosporium</i>	Gomma et al., 2008
vinil sulfona	Si	Azo	<i>Trametes versicolor</i> CDBB-H1051	Lemus-Gómez et al., 2018
Violeta ácido 43	No	Antraquinona	<i>Funalia trogii</i>	Park et al., 2007

El grupo funcional azo o azoico es un compuesto xenobiótico que abarcan el 70% de todos los colorantes usados actualmente en la industria textil (Lakshmi et al., 2021) este compuesto tiene una estructura heterocíclicas y aromáticas (Bankole et al., 2018), otorgándole la propiedad de recalcitrar y generar células cancerígenas en los seres vivos. La recalcitrancia es la obtención de una estructura química más estable y resistente a la degradación química y biológica (Hyun et al, 2021), esta está presente en los colorantes azo debido a los enlaces doble de Nitrógeno haciendo que la recalcitrancia sea un hecho cotidiano en estos colorantes (Sharma et al., 2021) sobre todo en el proceso de decoloración (Zhiyong et al, 2018), ante ello, se usaba métodos fisicoquímicos para poder degradar el color presente en el agua, pero este proceso generaba lodos tóxicos, aminas aromáticas y sustancias tóxicas, además, de su elevado costo fue catalogado como un tratamiento inadecuado para la decoloración de este compuesto (Bankole et al., 2018), si el tratamiento para decolorar no es efectivo traería consecuencias negativas en los seres humanos, las plantas y los animales, debido a la mutagenicidad y carcinogenicidad que puede generar (Khan et al, 2020), como es el caso del colorante rojo brillante afecta principalmente a la albúmina del suero presente en el hombre (Thakor et al, 2021). En consecuencia, se usó el hongo como medio para decolorar debido a su alta adaptabilidad, eficiencia y economía (Ben et al, 2016), ya que, la biomasa fúngica mediante la adsorción y biodegradación descomponen las moléculas del tinte segregando enzimas metabólicas para unirse a las moléculas del colorante (Bankole et al., 2018), por ello, en los resultados obtenidos, se evidencio que existe una predominancia del 87% con respecto a los colorantes estudiados que están compuestos por elementos como el cobre, el plomo, el zinc, el cromo y el cobalto (Khan et al, 2020), por ello, para lograr la decoloración se usa hongos, ya que, se evitara la formación de subproductos (Ben et al, 2016), que estos son dañinos para los organismos acuáticos debido a su alta solubilidad y biotoxicidad (Song et al, 2018).

V. CONCLUSIONES

Las especies de hongos útiles en la degradación de colorantes en efluentes de la industria textil son *Phanerochaete veluntina*, *Aspergillus flavus*, *Fusarium oxysporium*; y se encontraron también en consorcios como: *Aspergillus flavus* y *Fusarium oxysporium*, *Aspergillus flavus* JKSC-7, *Sterigmatomyces halophilus* SSA-1575, *Aspergillus niger* MTCC 1344, *Aspergillus carbonarius* M333, *Ganoderma lucidum*, *Trametes versicolor* CDBB-H1051, *Trichoderma tomentosum*, *Aspergillus tamarii*, *Bjerkandera adusta* OBR 105, *Trametes versicolor* CBR43, *Aspergillus* sp, *Leptosphaerulina* sp, *Aspergillus niger*, *Heterobasidióon insulare*, *Ganoderma* sp., *Pleurotus*, *Trametes versicolor*, *Lentinus*, *Peniophora*, *Pycnoporus*, *Rigidoporus*, *Hygrocybe*, *Psilocybe*, *Aspergillus niger*, *Nigrospora* sp, *Alternaria alternata*. *Aspergillus versicolor*, *Bjerkandera adusta*, *Caripia montagnei*, *Datronia caperata*, *Earliella scabrosa*, *Fomitopsis feei*, *Ganoderma stiptatum*, *Hexagonia hydnoides*, *Pleurotus ostreatus*, *Pycnoporus sanguineus*, *Trametes membranacea*, *Phanerochaete chrysosporium*, *Pleurotus ostreatus*, *Phanerochaete chrysosporium*, *Aspergillus niger*, *Funalia trogii*, *Aspergillus fumigatus*, *Trametes versicolor*, *Candida oleophila*, *Trametes versicolor*, *Trametes versicolor*, *Clitocybula dussenii*, *Phanerochaete chrysosporium*, *Penicillium waksmani*, *Penicillium jensenii*, *Aspergillus carneus*, *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus niger* SA1, *Saccharomyces cerevisiae* y *Polyporus rubidus*

La Eficiencia de la degradación de colorantes en efluentes dependió del uso de un inductor o catalizador, el nivel de aplicación, el volumen de operación y el sistema de degradación. Evidenciándose, que las especies más eficientes, que oscilaron entre 100-90 % son *Bjerkandera adusta* OBR 105, *Trametes versicolor* CBR43, *Funalia trogii*, *Aspergillus niger* SA1, *Trichoderma tomentosum*, *Sterigmatomyces halophilus* SSA-1575, *Bjerkandera adusta*, *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus versicolor*, *Heterobasidióon insulare*, *Earliella scabrosa*, *Pycnoporus sanguineus*, *Caripia montagnei*, *Hexagonia hydnoides*, *Trametes membranacea*, *Clitocybula dussenii*, *Trametes versicolor*, *Polyporus*, *Candida oleophila*, *Aspergillus carneus*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus tamarii* y *Ganoderma* sp. Por otro lado, los que tienen menor eficacia en la degradación son *Caripia montagnei*, *Fomitopsis feei*, *Pleurotus ostreatus*, *Ganoderma stiptatum*, *Pycnoporus sanguineus* y *Rigidoporus*.

Los colorantes en efluentes textiles susceptibles de degradación por hongos, en su gran mayoría pertenecieron a los azoicos, teniendo una presencia del 87% , las cuales son Acid black 172, Acid black 52, Acid orange 7, Acid red 114, Acid red 151, Acid Red 3, Acid Scarlet, Acido ABK 194, Acid black 194, Acido Abk 210, Acid black 210, Acido AY194, Amarillo reactivo HF2-GL, Azul directo 51, Azure B, Cibacron Red, Disperso naranja 3, Disperso negro 1, Everdirect Fast Black VSF (EFB-VSF), Maxilon Red GRL (MR-GRL), Methyl orange, Negro reactivo B-150, Negro reactivo RC, Orange G, Orange II, Reactive Orange 4, Reactive black 5, Reactive orange, Reactive orange 122, Reactive orange 16, Reactive red H8B, Reactive Red 120, Reactive red 198, Reactive red 2, reactive violet 5, Reactive yellow 160, Reactive Red 23, Remazol Red RR Gran, Rojo ácido (AR 151), rojo Congo, Rojo de metilo, Rojo reactivo A-6BF, Synozol red 6BN, Tris - azodie (DBU1L38) y vinil sulfona

VI. RECOMENDACIONES

Resultado de la revisión, se sugiere lo siguiente:

Ampliar la investigación científica centrándose más en la clase Ascomycota, debido a que no está muy profundizada y adicionalmente centrarse en investigaciones que hayan trabajado de manera colectiva a los hongos, como los consorcios.

Ampliar la cantidad de criterios que pueden influenciar en la eficiencia de la decoloración de efluentes textiles como los valores iniciales del pH, la presencia o ausencia de algún elemento en la muestra antes de ser decolorada.

Considerar una mayor cantidad de artículos que utilicen los resultados obtenidos de los efluentes sintéticos en efluente reales, para ver exactamente la eficiencia que tienen estos hongos para decolorar los efluentes textiles.

REFERENCIAS

REFERENCIAS

1. Ali, N., Ikramullah, Lutfullah, G., Hameed, A., & Ahmed, S. (2008). Decolorization of acid red 151 by aspergillus niger SA1 under different physico-chemical conditions. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 24(7), 1099-1105. doi:10.1007/s11274-007-9581-6
2. Ali, N., Hameed, A., Siddiqui, M. F., Ghumro, P. B., & Ahmed, S. (2009). Application of aspergillus niger SA1 for the enhanced bioremoval of azo dyes in simulated textile effluent. *African Journal of Biotechnology*, 8(16), 3839-3845. Retrieved from www.scopus.com
3. Al-Tohamy, R., Kenawy, E. -, Sun, J., & Ali, S. S. (2020). Performance of a newly isolated salt-tolerant yeast strain sterigmatomyces halophilus SSA-1575 for azo dye decolorization and detoxification. *Frontiers in Microbiology*, 11 doi:10.3389/fmicb.2020.01163
4. Amaral, P. F. F., Fernandes, D. L. A., Tavares, A. P. M., Xavier, A. B. M. R., Cammarota, M. C., Coutinho, J. A. P., & Coelho, M. A. Z. (2004). Decolorization of dyes from textile wastewater by trametes versicolor. *Environmental Technology*, 25(11), 1313-1320. doi:10.1080/09593332508618376
5. Anastasi, A., Parato, B., Spina, F., Tigini, V., Prigione, V., & Varese, G. C. (2011). Decolourisation and detoxification in the fungal treatment of textile wastewaters from dyeing processes. *New Biotechnology*, 29(1), 38-45. doi:10.1016/j.nbt.2011.08.006
6. APPLICATION of four-dimension criteria to assess rigour of qualitative research in emergency medicine por Roberto Forero [et al]. *BMC Health Serv Res*. [en línea]. 17 de febrero de 2018, vol. 18. [Fecha de consulta: 18 de junio de 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.1186/s12913-018-2915-2>
7. ARIAS, María y GIRALDO, Clara. El rigor científico en la investigación cualitativa. *Investigación y Educación en Enfermería* [en línea]. 2011, n° 3, vol. 29. [Fecha de consulta: 19 de junio de 2021]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=105222406020> ISSN: 0120-5307

8. Aydin, G., & Kunduhoglu, B. (2014). Biological decolorization of some reactive textile dyes by eight fungal isolates obtained from soil and textile industry wastewater. *Fresenius Environmental Bulletin*, 23(6), 1322-1328. Retrieved from www.scopus.com
9. Barajas, Juanita, & Cano, Maribel, & Castorena, José H., & Santiago, Victor, & Díaz, Joel (2016). REMOCIÓN DE COLORANTES POR MEDIO DE CURCUBITACEAS. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 7(4),67-80.[fecha de Consulta 3 de Noviembre de 2021]. ISSN: . Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=323649144008>
10. Bankole, P. O., Adekunle, A. A., & Govindwar, S. P. (2018). Enhanced decolorization and biodegradation of acid red 88 dye by newly isolated fungus, *achaetomium strumarium*. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 6(2), 1589-1600. doi:10.1016/j.jece.2018.01.069
11. Ben Younes, S., Cherif, I., Dhouib, A., & Sayadi, S. (2016). *Trametes trogii*: A biologic powerful tool for dyes decolorization and detoxification. *Catalysis Letters*, 146(1), 204-211. doi:10.1007/s10562-015-1629-x
12. Blanco-Vargas, A., Ramírez-Sierra, C. F., Duarte-Castañeda, M., Beltrán-Villarraga, M., Medina-Córdoba, L. K., Florido-Cuellar, A. E., ... & Pedroza-Rodríguez, A. M. (2018). A novel textile wastewater treatment using ligninolytic co-culture and photocatalysis with TiO₂. *Universitas Scientiarum*, 23(3), 437-464
13. Casas, N., Blánquez, P., Gabarrell, X., Vicent, T., Caminal, G., & Sarrà, M. (2007). Degradation of orange G by laccase: Fungal versus enzymatic process. *Environmental Technology*, 28(10), 1103-1110. doi:10.1080/09593332808618874
14. Chakraborty, S., Basak, B., Dutta, S., Bhunia, B., & Dey, A. (2013). Decolorization and biodegradation of congo red dye by a novel white rot fungus *alternaria alternata* CMERI F6. *Bioresource Technology*, 147, 662-666. doi:10.1016/j.biortech.2013.08.117
15. Chatterjee, S., Dey, S., Sarma, M., Chaudhuri, P., & Das, S. (2020). Biodegradation of congo red by manglicolous filamentous fungus *aspergillus flavus* JKSC-7 isolated from indian sundabaran mangrove ecosystem.

Applied Biochemistry and Microbiology, 56(6), 708-717.

doi:10.1134/S0003683820060046

16. Chen, X., Ning, X., Lai, X., Wang, Y., Zhang, Y., & He, Y. (2021). Chlorophenols in textile dyeing sludge: Pollution characteristics and environmental risk control. *Journal of Hazardous Materials*, 416, 125721. doi:10.1016/j.jhazmat.2021.125721
17. Calderón, P., Ancona, W., Lizama, G., Rivera, G., & Solís, S. (2016) Tratamiento enzimático y microbiano de un efluente sintético con fenoles. *revista del centro de graduados e investigación*, 111.
18. Dayaram, P., & Dasgupta, D. (2008). Decolorisation of synthetic dyes and textile wastewater using *polyporus rubidus*. *Journal of Environmental Biology*, 29(6), 831-836. Retrieved from www.scopus.com
19. Demir, G., Ozcan, H. K., Tufekci, N., & Borat, M. (2007). Decolorization of remazol yellow RR gran by white rot fungus *phanerochaete chrysosporium*. *Journal of Environmental Biology*, 28(4), 813-817. Retrieved from www.scopus.com
20. Demir, G., Borat, M., & Bayat, C. (2004). Decolorization of remazol red RR gran by the white rot fungus *phanerochaete chrysosporium*. *Fresenius Environmental Bulletin*, 13(10), 979-984. Retrieved from www.scopus.com
21. De Souza Lopes, L., Vieira, N., Rodrigues da Luz, J. M., de Cassia Soares da Silva, M., Cardoso, W. S., & Megumi Kasuya, M. C. (2020). Production of fungal enzymes in Macaúba coconut and enzymatic degradation of textile dye. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 101651. doi:10.1016/j.bcab.2020.101651
<https://sci-hub.se/https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1878818119319346>
22. Faraco, V., Pezzella, C., Giardina, P., Piscitelli, A., Vanhulle, S., & Sannia, G. (2009). Decolourization of textile dyes by the white-rot fungi *phanerochaete chrysosporium* and *pleurotus ostreatus*. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 84(3), 414-419. doi:10.1002/jctb.2055
23. Fetyan, N. A. H., Azeiz, A. Z. A., Ismail, I. M., & Shaban, S. A. (2016). Oxidative decolorization of direct blue 71 azo dye by *saccharomyces cerevisiae* catalyzed by nano zero-valent iron. *Annual Research and Review in Biology*, 11(2) doi:10.9734/ARRB/2016/28843

24. Gomaa, O. M., Linz, J. E., & Reddy, C. A. (2008). Decolorization of victoria blue by the white rot fungus, *phanerochaete chrysosporium*. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 24(10), 2349-2356. doi:10.1007/s11274-008-9750-2
25. Gilabert Pérez, E. (2020). *Química textil. Tomo I: materias textiles*. Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia. <https://elibro.net/es/ereader/usta/153583?page=1>
26. Grajales, T. (2000). Tipos de investigación. On line)(27/03/2.000). Revisado el, 14.
27. He, X. -, Song, C., Li, Y. -, Wang, N., Xu, L., Han, X., & Wei, D. -. (2018). Efficient degradation of azo dyes by a newly isolated fungus *trichoderma tomentosum* under non-sterile conditions. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 150, 232-239. doi:10.1016/j.ecoenv.2017.12.043
28. HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, María. *Metodología de la investigación*. 6.a ed. México: McGRAW-HILL, 2014. 600 pp. [Fecha de consulta: 14 de Junio de 2021]. Disponible en https://periodicooficial.jalisco.gob.mx/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf ISBN: 9781456223960
29. Higgins, J. & Green, S. (Eds.). (2011). *Cochrane handbook for systematic reviews of interventions*. Version 5.1.0. The Cochrane Collaboration. Consultado el 19 de noviembre, 2012 en <http://www.cochrane.org/handbook>
- Hyun Chung, T., Meshref, M. N. A., & Ranjan Dhar, B. (2021). A review and roadmap for developing microbial electrochemical cell-based biosensors for recalcitrant environmental contaminants, emphasis on aromatic compounds. *Chemical Engineering Journal*, 424 doi:10.1016/j.cej.2021.130245
30. Ilyas, S., & Rehman, A. (2013). Decolorization and detoxification of synzol red HF-6BN azo dye, by *aspergillus niger* and *nigrospora* sp. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 10(1) Retrieved from www.scopus.com

31. Isik, Z., Arıkan, E. B., Bouras, H. D., & Dizge, N. (2019). Bioactive ultrafiltration membrane manufactured from aspergillus carbonarius M333 filamentous fungi for treatment of real textile wastewater. *Bioresource Technology Reports*, 5, 212-219. doi:10.1016/j.biteb.2019.01.020
32. Jin, X. -, Liu, G. -, Xu, Z. -, & Tao, W. -. (2007). Decolorization of a dye industry effluent by aspergillus fumigatus XC6. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 74(1), 239-243. doi:10.1007/s00253-006-0658-1
33. J. Plou, F. (2016). Las enzimas. Editorial CSIC Consejo Superior de Investigaciones Científicas. <https://elibro.net/es/ereader/usta/41845?page=1>
34. Kim, B. -, Blaghen, M., & Lee, K. -. (2017). Methyl red decolorization efficiency of a korea strain of aspergillus sp. immobilized into different polymeric matrices. *Water Environment Research*, 89(7), 606-613. doi:10.2175/106143017X14839994522669
35. Khan, S. A., Mehmood, S., Nabeela, Iqbal, A., & Hamayun, M. (2020). Industrial polluted soil borne fungi decolorize the recalcitrant azo dyes synzol red HF-6BN and synzol black B. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 206 doi:10.1016/j.ecoenv.2020.111381
36. Lemus-Gómez, L. E., Martínez-Trujillo, M. A., Membrillo-Venegas, I., & García-Rivero, M. (2018). Performance analysis of azo dye decolorization by immobilized trametes versicolor in a sequencing batch reactor. *Environmental Engineering Science*, 35(12), 1322-1328. doi:10.1089/ees.2018.0033
37. Li-Hong, Y., Yu-Jun, W., Lan, L., & Yue-Hua, Z. (2016). Univariate degradation of indigo carmine in aqueous solution by inactivated biomass in heterobasidion insulare: Preliminary studies. *Polish Journal of Environmental Studies*, 25(5), 2221-2225. doi:10.15244/pjoes/63173
38. Lucas, M. S., Amaral, C., Sampaio, A., Peres, J. A., & Dias, A. A. (2006). Biodegradation of the diazo dye reactive black 5 by a wild isolate of candida oleophila. *Enzyme and Microbial Technology*, 39(1), 51-55. doi:10.1016/j.enzmictec.2005.09.004

39. Lyra, E. S., Moreira, K. A., Porto, T. S., Carneiro da Cunha, M. N., Paz Júnior, F. B., Neto, B. B., . . . Porto, A. L. P. (2009). Decolorization of synthetic dyes by basidiomycetes isolated from woods of the atlantic forest (PE), brazil. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 25(8), 1499-1504. doi:10.1007/s11274-009-0034-2
40. Ma, L., Zhuo, R., Liu, H., Yu, D., Jiang, M., Zhang, X., & Yang, Y. (2014). Efficient decolorization and detoxification of the sulfonated azo dye reactive orange 16 and simulated textile wastewater containing reactive orange 16 by the white-rot fungus ganoderma sp. En3 isolated from the forest of tzu-chin mountain in china. *Biochemical Engineering Journal*, 82, 1-9. doi:10.1016/j.bej.2013.10.015
41. Maher, C., Hadfield, M., Hutchings, M., & de Eyto, A. (2018). Ensuring rigor in qualitative data analysis: A design research approach to coding combining NVivo with traditional material methods. *International Journal of Qualitative Methods*, 17(1), 1609406918786362.
42. Moreira-Neto, S. L., Mussatto, S. I., Machado, K. M. G., & Milagres, A. M. F. (2013). Decolorization of salt-alkaline effluent with industrial reactive dyes by laccase-producing basidiomycetes strains. *Letters in Applied Microbiology*, 56(4), 283-290. doi:10.1111/lam.12049
43. Munir, E., Priyani, N., Suryanto, D., & Naimah, Z. (2017). Using biomass of basidiomyceteous fungi in decolorization of wastewater of textile industry. *Journal of Pure and Applied Microbiology*, 11(2), 669-675. doi:10.22207/JPAM.11.2.04
44. Nilsson, I., Möller, A., Mattiasson, B., Rubindamayugi, M. S. T., & Weiland, U. (2006). Decolorization of synthetic and real textile wastewater by the use of white-rot fungi. *Enzyme and Microbial Technology*, 38(1-2), 94-100. doi:10.1016/j.enzmictec.2005.04.020
45. Nikfar, S., & Jaberidoost, M. (2014). Dyes and colorants. In P. Wexler (Ed.), *Encyclopedia of toxicology* (third edition) (pp. 252-261). Oxford: Academic Press. doi:https://doi.org/10.1016/B978-0-12-386454-3.00602-3 Retrieved from https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123864543006023.
46. NOREÑA, A. [et.al]. Aplicabilidad de los criterios de rigor y éticos en la investigación cualitativa. Dialnet, [en línea], 2012. [Fecha de consulta: 02

de junio de 2021] Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4322420>

47. Omar, S. A. (2016). Decolorization of different textile dyes by isolated *Aspergillus niger*. *Journal of Environmental Science and Technology*, 9(1), 149-156. doi:10.3923/jest.2016.149.156
48. Park, C., Lee, M., Lee, B., Kim, S. -, Chase, H. A., Lee, J., & Kim, S. (2007). Biodegradation and biosorption for decolorization of synthetic dyes by *Funalia troglia*. *Biochemical Engineering Journal*, 36(1), 59-65. doi:10.1016/j.bej.2006.06.007
49. Plácido, J., Chanagá, X., Ortiz-Monsalve, S., Yepes, M., & Mora, A. (2016). Degradation and detoxification of synthetic dyes and textile industry effluents by newly isolated *Leptosphaerulina* sp. from Colombia. *Bioresources and Bioprocessing*, 3(1) doi:10.1186/s40643-016-0084-x
50. Polak, J., & Jarosz-Wilkolazka, A. (2012). Fungal laccases as green catalysts for dye synthesis. *Process Biochemistry*, 47(9), 1295-1307. doi:10.1016/j.procbio.2012.05.006
51. Qin, P., Wu, Y., Adil, B., Wang, J., Gu, Y., Yu, X., . . . Xiang, Q. (2019). Optimization of laccase from *Ganoderma lucidum* decolorizing Remazol Brilliant Blue R and Glac1 as main laccase-contributing gene. *Molecules*, 24(21) doi:10.3390/molecules24213914
52. Rainert, K. T., Nunes, H. C. A., Gonçalves, M. J., Helm, C. V., & Tavares, L. B. B. (2021). Decolorization of the synthetic dye Remazol Brilliant Blue Reactive (RBBR) by *Ganoderma lucidum* on bio-Adsorbent of the solid bleached sulfate paperboard coated with polyethylene terephthalate. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(2). <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104990>
53. ROJAS, Xiomara y OSORIO, Belkis. Criterios de Calidad y Rigor en la Metodología Cualitativa. *Gaceta de pedagogía revista electrónica (RGP)* [en línea]. 2017, n° 36. [Fecha de consulta: 11 de junio de 2021]. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/337428163_Criterios_de_Calidad_y_Rigor_en_la_Metodologia_Cualitativa ISSN: 0435-026X


54. RUIZ, Margarita y VIVES, Tania. Autenticidad y calidad en la investigación educativa cualitativa: multivocalidad. Revista investigación en educación médica [en línea]. 29 de Abril del 2016, vol. 5, n° 19. [Fecha de consulta: 8 de junio de 2021]. Disponible en <http://riem.facmed.unam.mx/node/542> ISSN: 2007-5057
55. Ruiz, L., Iannacone, J., Tocto, I., Ruiz, A. y Harirchian, P. (2018). Acción de *Pleurotus ostreatus* (Jacq ex Fr) Kumm en la remoción de pavo de color azul en biorreactores air lift. *El Biólogo (Lima)*, 16 (2), 221-235.
56. Selim, M. T., Salem, S. S., Mohamed, A. A., El-Gamal, M. S., Awad, M. F., & Fouda, A. (2021). Biological treatment of real textile effluent using *aspergillus flavus* and *fusarium oxysporium* and their consortium along with the evaluation of their phytotoxicity. *Journal of Fungi*, 7(3) doi:10.3390/jof7030193
57. Sharma, R., Dastidar, M. G., & Sharma, S. (2017). Biosorption of azo dyes by *aspergillus tamarii*. *Indian Journal of Biotechnology*, 16(4), 578-585. Retrieved from www.scopus.com
58. Sharma, B., Tiwari, S., Bisht, N., & Tewari, L. (2021). Eco-friendly bioprocess using agar plug immobilized *penicillium crustosum* PWWS-6 biomass for treatment of wastewater contaminated with toxic congo red dye for use in agriculture. *Industrial Crops and Products*, 170 doi:10.1016/j.indcrop.2021.113755
59. Sheam, MM, Biswas, SK, Ahmed, KR, Syed, SB, Hossain, MS, Khan, MSA, y Rahman, MM (2021). Micorremediación de colorante rojo reactivo HE7B por *Aspergillus salinarus* aislado de efluentes textiles. *Investigación actual en ciencias microbianas* , 2 , 100056.
60. Singh, K., & Kumar, P. (2020) Decolorization of Saree colorantes, por *Aspergillus niger* MTCC1344 y su efecto sobre el tomate (híbridos Gaytri F1). <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85082977910&partnerID=40&md5=8e9a502180a83f82b714741bcb910876>
61. Sodaneath, H., Lee, J. -, Yang, S. -, Jung, H., Ryu, H. W., & Cho, K. -. (2017). Decolorization of textile dyes in an air-lift bioreactor inoculated with

- bjerkandera adusta OBR105. *Journal of Environmental Science and Health - Part A Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering*, 52(11), 1099-1111. doi:10.1080/10934529.2017.1340753
62. Song, Z., Song, L., Shao, Y., & Tan, L. (2018). Degradation and detoxification of azo dyes by a salt-tolerant yeast *Cyberlindnera saturnina* S4 under high-salt conditions. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 34(9) doi:10.1007/s11274-018-2515-7
63. Taştan, B. E., Karatay, S. E., & Dönmez, G. (2012). Bioremoval of textile dyes with different chemical structures by *Aspergillus versicolor* in molasses medium. *Water Science and Technology*, 66(10), 2177-2184. doi:10.2166/wst.2012.441
64. Thakor, R., Mistry, H., Tapodhan, K., & Bariya, H. (2021). Efficient biodegradation of Congo red dye using fungal consortium incorporated with *Penicillium oxalicum* and *Aspergillus tubingensis*. *Folia Microbiologica*, doi:10.1007/s12223-021-00915-8
65. Unal, D., Gül, U. D., & Silah, H. (2021). Decolorization property of living lichen *Evernia prunastri* on textile acid red P-2BX dye. *International Journal of Environmental Science and Technology*, doi:10.1007/s13762-020-03081-5
66. VARELA, Margarita y VIVES, Tania, Autenticidad y calidad en la investigación educativa cualitativa: multivocalidad. *Investigación en Educación Médica*, [en línea], 2016. [Fecha de consulta: 02 de junio de 2021] Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2007505716300072>
67. Wesenberg, D., Buchon, F., & Agathos, S. N. (2002). Degradation of dye-containing textile effluent by the agaric white-rot fungus *Clitocybula duseinii*. *Biotechnology Letters*, 24(12), 989-993. doi:10.1023/A:1015660927710
68. Yang, S. -, Sodaneath, H., Lee, J. -, Jung, H., Choi, J. -, Ryu, H. W., & Cho, K. -. (2017). Decolorization of acid, disperse and reactive dyes by *Trametes versicolor* CBR43. *Journal of Environmental Science and Health - Part A Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering*, 52(9), 862-872. doi:10.1080/10934529.2017.1316164

69. Yadav, A., Yadav, P., Kumar Singh, A., kumar, V., Chintaman Sonawane, V., Markandeya, ... Raj, A. (2021). Decolourisation of textile dye by lac-case: Process evaluation and assessment of its degradation bioproducts. *Bioresource Technology*, 340, 125591. doi:10.1016/j.biortech.2021.12559
70. Zafiu, C., Part, F., Ehmoser, E. -, & Kähkönen, M. A. (2021). Investigations on inhibitory effects of nickel and cobalt salts on the decolorization of textile dyes by the white rot fungus *phanerochaete velutina*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 215 doi:10.1016/j.ecoenv.2021.112093

ANEXOS

Anexo 1: Ficha de recolección de datos

	FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS	
TÍTULO: Decolorization of dyes from textile wastewater by trametes versicolor		
REVISTA: Environmental Technology	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2014	LUGAR DE PUBLICACIÓN: Brasil
TIPO DE INVESTIGACIÓN: Cuantitativa		CÓDIGO DOI: 10.1080/09593332508618376
AUTOR (ES):	Amaral Priscilla; Fernandes Daniel; Tavares A.; Xavier Ana; Cammarota M; Coutinho J. y Coelho Maria	
PALABRAS CLAVES:	Trametes versicolor, Decolourisation, Textile wastewater, white-rot fungi	

TIPO DE EFLUENTE	Efluente Textil real y sintético
TIPO DE TINTES:	Reactive Orange 4 Remazol Red 3B Remazol Black GF
ENZIMA:	laccase
NOMBRE DEL HONGO:	Trametes Versicolor
ORIGEN DEL HONGO	Laboratorio
CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA:	División: Basidiomycota Clase: Agaricomycetes Subclase: Agaricomycetidae Orden: Polyporales Familia: Polyporaceae Género: Trametes Especie: Trametes versicolor
TÉCNICA DE ANÁLISIS:	HACH DR/4000 UV spectrophotometer

RESULTADOS:	El pH óptimo para el crecimiento y se la decoloración con <i>T. versicolor</i> era de 4.5, obteniendo una decoloración de casi el 50% con el pH de 6. Asimismo, el metabolismo fúngico inducido por la glucosa y el pH juega un papel importante en el proceso de decoloración.
CONCLUSIONES:	Mediante el uso de la <i>Trametes versicolor</i> logró una decoloración del 97% para concentraciones iniciales de colorante de hasta 100 mg/l y en aguas residuales reales del 92% aproximadamente 50 mg/l de tinte.