



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

***Biodegradación de Polietileno y Poliuretano por
Aspergillus Flavus: Revisión Sistemática***

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
Ingeniera Ambiental

AUTORAS:

Estrada Portilla, Melissa Elena (orcid.org/0000-0002-6501-0138)

Infanzon Areche, Heiddy Aleyla (orcid.org/0000-0003-4863-5737)

ASESOR:

Dr. Valdiviezo Gonzales, Lorgio Gilberto (orcid.org/0000-0002-8200-4640)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2021

Dedicatoria

A nuestros padres por el apoyo que nos han brindado, a ellos nuestra infinita gratitud.

Agradecimiento

A los profesores de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, quienes nos formaron profesionalmente, a través de sus experiencias y conocimientos. En especial a nuestro asesor Dr. Valdiviezo Gonzales, Lorgio Gilberto por su orientación y guía.

Índice de contenidos

Dedicatoria	2
Agradecimiento	3
Índice de contenidos	4
Índice de tablas	5
Índice de figuras	6
RESUMEN	7
ABSTRACT	8
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO.....	3
III. METODOLOGÍA:.....	16
3.1 Tipo y diseño de investigación:.....	16
3.2 Categorías, subcategorías, y matriz de categorización apriorística	16
3.3 Escenario de estudio.....	16
3.4 Participantes.....	16
3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	16
3.6 Procedimiento	17
3.7 Rigor científico	20
3.8 Método y análisis de datos	20
3.9 Aspectos éticos	21
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
V. CONCLUSIONES	32
VI. RECOMENDACIONES.....	34
REFERENCIAS.....	35
ANEXOS	42

Índice de tablas

Tabla 1.Revisión de trabajos de investigaciones con respecto a la degradación de polietileno y poliuretano por <i>Aspergillus flavus</i>	4
Tabla 2: Composición química del polietileno y poliuretano	8
Tabla 3: Código de consulta para la obtención de investigación 2021.....	18
Tabla 4: Resultados de la revisión bibliográfica para la biodegradación de polietileno y poliuretano con <i>Aspergillus flavus</i>	22
Tabla 5: Mecanismos de degradación del <i>Aspergillus flavus</i> en polietileno y poliuretano.....	26

Índice de figuras

Figura 1: Hongo <i>Aspergillus flavus</i>	9
Figura 2: Mecanismo de biodegradación mediante microorganismos en poliuretano y polietileno.....	11
Figura 3: Hongo <i>Aspergillus flavus</i>	12
Figura 4: Diagrama de flujo de la revisión bibliográfica en la Biodegradación de Polietileno y Poliuretano usando <i>Aspergillus flavus</i>	19

RESUMEN

Este estudio presenta una revisión sistemática de los aspectos más relevantes de la biodegradación del polietileno y poliuretano con *Aspergillus flavus*. Se realizó búsquedas de artículos científicos en las bases de datos Scopus, EBSCO, ScienceDirect y Scielo, entre los años 2013 - 2021, inicialmente se obtuvieron 45 artículos, luego de aplicar los criterios de exclusión, se seleccionaron 10 artículos para la obtención de resultados. Los principales parámetros controlados en el proceso de biodegradación por este hongo fueron: temperatura, pH (medio de cultivo) y tiempo de contacto (hongo-plástico). Las investigaciones reportan temperaturas operacionales entre 25°C a 30°C, con un tiempo entre 28-30 días; mientras que las mayores eficiencias fueron reportadas a 6.5 de pH. Los medios de cultivo más utilizados en las investigaciones son: Agar Sabouraud dextrosa y Agar Czapeck Dox, los cuales ayudan a que el *Aspergillus flavus* degrade con mayor facilidad el polietileno y poliuretano. Además, se reporta porcentajes de eficiencia mínimo de 3,26 y máximos de 30,6% y 60% en la degradación de polietileno y poliuretano. Se recomienda realizar investigaciones sobre la degradación con *Aspergillus flavus* en otros tipos de plásticos, como cloruro de polivinilo (PVC) ya que es el más usado en Perú y en el mundo.

Palabras clave: Biodegradación, *Aspergillus flavus*, polietileno, poliuretano

ABSTRACT

This study presents a systematic review of the most relevant aspects of polyethylene and polyurethane biodegradation with *Aspergillus flavus*. Scientific articles were searched in the databases Scopus, EBSCO, ScienceDirect and Scielo, between the years 2013 - 2021, initially 45 articles were obtained, after applying the exclusion criteria, 10 articles were selected to obtain results. The main parameters controlled in the biodegradation process by this fungus were: temperature, pH (culture medium) and contact time (fungus-plastic). Research reports operational temperatures between 25°C to 30°C, with a time between 28-30 days; while the highest efficiencies were reported at 6.5 pH. The culture media most commonly used in the investigations are: Sabouraud dextrose agar and Czapeck Dox Agar, which help *Aspergillus flavus* to degrade polyethylene and polyurethane more easily. In addition, minimum efficiency percentages of 3.26 and maximum of 30.6% and 60% in the degradation of polyethylene and polyurethane have been reported. It is recommended that research be conducted on degradation with *Aspergillus flavus* in other types of plastics, such as polyvinyl chloride (PVC), since it is the most widely used in Peru and in the world.

Keywords: Biodegradation, *Aspergillus flavus*, polyethylene, polyurethane.

I.INTRODUCCIÓN

Los avances en la ciencia y la tecnología han permitido a los seres humanos vivir una forma de vida más fácil. Sin embargo, a través de esta búsqueda hemos tenido un impacto negativo en el bienestar de la tierra, especialmente en lo que respecta a la contaminación por el uso de plástico (Ma y Wong, 2013). El uso industrial del plástico inicia con las primeras fabricaciones de materiales sintéticos causado por el desarrollo de la industria química a partir de la segunda mitad del siglo XIX, en la segunda mitad del siglo XX inician las fabricaciones de los envases plásticos, que suplieron, por sus precios módicos, su facilidad de producción y transporte a los sistemas de envases precedentes (Proaño, 2020).

Las características que poseen los polímeros les facultan para estar involucrados en construcción, transporte, agricultura, medicina y sobre todo en los alimentos, donde tienen presencia alrededor de toda la cadena de producción (Mogollon y Sarmiento, 2020). En el Perú los impactos causados por el plástico cada vez son más alarmantes registrando así que el 43,7% de los residuos plásticos no cuentan con una disposición final adecuada, 68% de los residuos de plásticos municipales son de un solo uso, el 47% de los residuos de plástico son generados en el distrito de Lima y Callao, teniendo cifras anuales de consumo de 3 mil millones de bolsas plásticas mientras que el 0,3% de los residuos plásticos son reciclados (MINAN, 2018). Actualmente, a causa de los problemas ambientales que genera la fabricación de residuos plásticos, se están poniendo en práctica métodos de gestión enfocados a reducir su efecto adverso sobre el medio ambiente, ya que los métodos comúnmente utilizados que involucran el apilado y quemado del plástico no resuelven el problema de manera eficiente.

Uno de los métodos que se ha estudiado es la biorremediación, que es el nombre que se le da a los procesos que utilizan plantas, microorganismos y hongos entre otros, para la biodegradación de contaminantes, convirtiéndose así en un método amigable con la naturaleza y el medio ambiente (Santacoloma et al., 2019).

Por todo ello se planteó la siguiente pregunta general de investigación: ¿Cuáles son los aspectos más relevantes en la biodegradación con *Aspergillus flavus* en polietileno y poliuretano? y a su vez como problemas específicos se plantearon las siguientes interrogantes: ¿Cuáles son los valores de eficiencia del hongo *Aspergillus flavus* en la biodegradación de polietileno y poliuretano? , ¿Cuáles son los medios cultivo del *Aspergillus flavus* en la biodegradación de polietileno y poliuretano?, ¿Cuáles son las condiciones operacionales en la biodegradación con *Aspergillus flavus* en polietileno y poliuretano? y ¿Cuáles son los mecanismos de degradación del *Aspergillus flavus* en polietileno y poliuretano?

Por ello el objetivo general es sistematizar los aspectos más relevantes del *Aspergillus flavus*, en la biodegradación con polietileno y poliuretano, teniendo como objetivos específicos : Analizar los valores de eficiencia del *Aspergillus flavus* en la biodegradación de polietileno y poliuretano, Analizar los medios de cultivo del *Aspergillus flavus* en la biodegradación de polietileno y poliuretano, analizar las condiciones de operaciones de la biodegradación con *Aspergillus flavus* en polietileno y poliuretano y por último, determinar los mecanismos de degradación del *Aspergillus flavus* en polietileno y poliuretano.

Este estudio se justifica debido a que no existe información organizada respecto a la biodegradación de polietileno y poliuretano utilizando *Aspergillus flavus* y de esta manera contribuir en la sistematización de la información respecto al uso del hongo *Aspergillus flavus* en la degradación de polietileno y poliuretano de una manera organizada y concisa.

II. MARCO TEÓRICO

En la Tabla 1 se muestran los antecedentes que han servido como guía para la presente revisión bibliográfica de esta manera permitirán obtener resultados favorables. Se puede ver información acerca del tipo de plástico (polietileno, Poliuretano), que se degrada en la investigación que se menciona, medios de cultivo del *Aspergillus flavus*, condiciones operacionales optimas de desarrollo del *Aspergillus flavus* en la biodegradación de los polímeros y la eficiencia del hongo frente al polietileno y poliuretano, basándose en el porcentaje de reducción del poliuretano o polietileno.

Tabla 1. Revisión de trabajos de investigaciones con respecto a la degradación de polietileno y poliuretano por *Aspergillus flavus*.

Referencia	Tipo de Plástico	Medios de cultivo	Condiciones operacionales	Eficiencia %
Verma y Gupta, (2019)	Polietileno LDPE	Agar dextrosa Sabouraud + tierra estéril	-pH (no indica), Temperatura (38 ° C), tiempo (9 meses)	30,6
		Agar dextrosa Sabouraud + MSM (medio sal mineral)	- Temperatura (30° C), tiempo (4 meses)	14,3
Das, Kumar yDas, (2018)	Polietileno LDPE	Sabouraud dextrosa agar(SDA)	pH (7±0,3), Temperatura (25° C), tiempo (60 días)	17
Khan et al.,(2020)	Poliuretano	Extracto de Malta	pH (12), Temperatura (25°C), tiempo (15semanas)	28.5
Zhang et al.,(2020)	Polietileno HDPE	Agar SCS	pH (No especifica), Temperatura (Noespecifica), tiempo (28 días)	3.9 ± 1.18
Santacoloma et al., (2019)	Polietileno	Agar YGC	pH (no especifica), Temperatura (25 a 28 ° C), tiempo (100 días)	23,6

Alshehrei, (2017)	Polietileno oLDPE	Agar Czapeck Dox	pH (no especifica), Temperatura (28 ° C), tiempo (30 días)	16,2
Rani y Singh, (2017)	Polietileno LDPE HDPE	Agar Czapeck Dox+ MSM (medio sal mineral)	pH (no especifica), Temperatura (25-30 ° C), tiempo (4 semanas)	12,269 (LDPE) 3,26 (HDPE)
Deepika y Madhuri, (2015)	Polietileno oLDPE	Agar Czapeck Dox	pH (no especifica), Temperatura (30 ° C), tiempo (6 meses)	12,45
Mathur y Prasad, (2012)	Poliéster Poliuretano	Agar dextrosa de patata	pH (6-6,5), Temperatura(30°C), tiempo(30 días)	60,6 ± 0,3
Usha, Sangeethay Palaniswam, (2011)	Polietileno	Agar Sabouraud dextrosa	pH (no especifica), Temperatura(30°C), tiempo (6 meses)	20,96 ± 0,15

Fuente: Elaboración propia.

Los plásticos son materiales poliméricos orgánicos; en su mayoría fabricados con derivados del petróleo (Méndez et al., 2007), está compuesto por una larga cadena de moléculas poliméricas y enlaces inusuales, con una masa molecular excesiva y sustituciones de halógenos (Pathak y Navneet, 2017), se obtienen artificialmente a partir de recursos naturales como el petróleo, carbón, gas natural, materias vegetales (Mogollon y Sarmiento, 2020). Según su comportamiento frente al calor los plásticos pueden ser termoestables y termoplásticos (Arancibia, 2014). El termoplástico, se puede fundir para reciclar en la industria del plástico, el termoestable no se puede fundir por calentamiento porque las cadenas moleculares están unidas firmemente con reticulación entrelazada (Puri, Kumar y Tyagi, 2013).

Los plásticos incluyen polietileno, propileno, poliestireno, poliuretano, nailon, etc. (Kumar et al., 2013). El polietileno (PE) se sintetiza químicamente mediante la polimerización del etano y es muy variable, ya que se pueden obtener cadenas laterales dependiendo del proceso de fabricación, estas modificaciones influyen principalmente en la cristalinidad y peso molecular (Danso, Chow y Streit, 2019). Está compuesto por monómeros de olefinas, que simultáneamente con el cloruro de polivinilo son polímeros más usados en el Perú y en el mundo (Méndez et al., 2007). Los tipos de polietileno más comunes son: polietileno de baja densidad (LDPE) y el polietileno de alta densidad (HDPE) (Restrepo, Bassi y Thompson, 2014).

El LDPE es un polímero termoplástico con ramificaciones cortas significativas, comúnmente elaborado por copolimerización de etileno con olefinas de cadena más larga. Los plásticos se han utilizado ampliamente como material de embalaje en forma de polietileno de baja densidad (LDPE) (Deepika y Madhuri, Jaya, 2015). Los materiales de LDPE son fuertes, livianos y duraderos, por lo que tienen amplios usos (Kumar et al., 2013). El HDPE es un termoplástico de polietileno, producido por un proceso catalítico y con poca ramificación (Ghatge et al., 2020), El HDPE tiene una

fuerza más fuerte entre las moléculas y una fuerte resistencia a la tracción debido al bajo grado de ramificación (Rani, Singh y Kumar, 2020). La composición del polietileno de alta densidad disponible comercialmente varía del polietileno puro mediante la adición de aditivos como antioxidantes y colorantes (Devi et al., 2015). El HDPE se usa ampliamente como material de empaque en tinas de margarina, botellas de detergente, jarras de leche, contenedores de basura, etc., casi la mitad de todos los juguetes y partes de vehículos están hechos de HDPE (Rani, Singh y Kumar, 2020). En la Tabla 2, se puede apreciar la composición química del polietileno.

Los poliuretanos (PU) son una familia de polímeros sintéticos versátiles destinados a diversas aplicaciones (Magnin et al., 2020), es por ello que esta clase de polímeros ha encontrado un uso generalizado en los campos médico, automotriz e industrial. El amplio uso de los poliuretanos en nuestra sociedad hace que su biodegradación tenga la misma importancia que su fabricación (Mahajan y Gupta, 2015). En la Tabla 2, se puede apreciar la composición química del poliuretano.

Tabla 2: Composición química del polietileno y poliuretano

Composición química del polietileno y poliuretano		
	Formula química	(CH ₂ -CH ₂ -)n
Polietileno	4 átomos de hidrogeno	(14,3%)
	2 átomos de Carbono	(85,7%)
	Enlace uretano	(-NH-CO-O-)
	Isocianato	(-N=C=O)
Poliuretano	Un hidrógeno activo	Átomo eletronegativo de N, O, S, CL)
	Poliolos (poliol de poliéster)	(C-O-C)

Fuente:(Cumbajin y Vásquez, 2013; Huaraca, 2018)

La biorremediación se ocupa de la utilización de microorganismos para degradar los contaminantes ambientales (Sharma et al. 2019), se considera un proceso ecológico y una tecnología económica que puede lograr un entorno libre de contaminación por aditivos plásticos (Sánchez, 2020). Entre los microorganismos tenemos hongos y bacterias. Los hongos son organismos heterotróficos que sintetizan enzimas intra y extracelulares (Méndez et al. 2007). El *Aspergillus flavus* es un hongo filamentoso debido a sus características de descomposición son un excelente agente degradador de plástico, los hongos del género *Aspergillus* son comunes, fáciles de encontrar en ciertos sitios de pudrición y, por sus características de descomposición, se convierten en un posible agente reductor de plásticos (Santacoloma et al., 2019).

En la Figura 1, se observa la imagen del *Aspergillus flavus* presente en el maíz.

Figura 1: Hongo *Aspergillus flavus*



Fuente: (Santacoloma et al., 2019)

La degradación microbiana del plástico causada por oxidación o hidrólisis utilizando enzimas microbianas conducen a la división de la cadena de alto peso molecular del polímero en oligómero y monómero de bajo peso molecular mediante metabolismo aeróbico o anaeróbico (Kumar et al. 2013). Las enzimas hidrolasas provenientes de la actividad microbiana, más importantes utilizadas en la biorremediación del plástico, son las esterasas, proteasas, glicosidasas y lipasas, que catalizan la incorporación de agua a un sustrato mediante reacciones de sustitución nucleofílica (Sharma et al. 2019). Dependiendo del tipo de proceso se generan diferentes productos finales. Así, en el caso de un ambiente aeróbico, sólo se registran como productos finales la formación de agua, CO₂ y masa microbiana (Shahnawaz, Sangale y Ade, 2016).

La degradación del polietileno puede clasificarse como abiótico o biótico, siendo el primero definido como deterioro causado por factores ambientales como la temperatura, radiación UV, mientras que este último definido como degradación provocada por la acción de microorganismos que

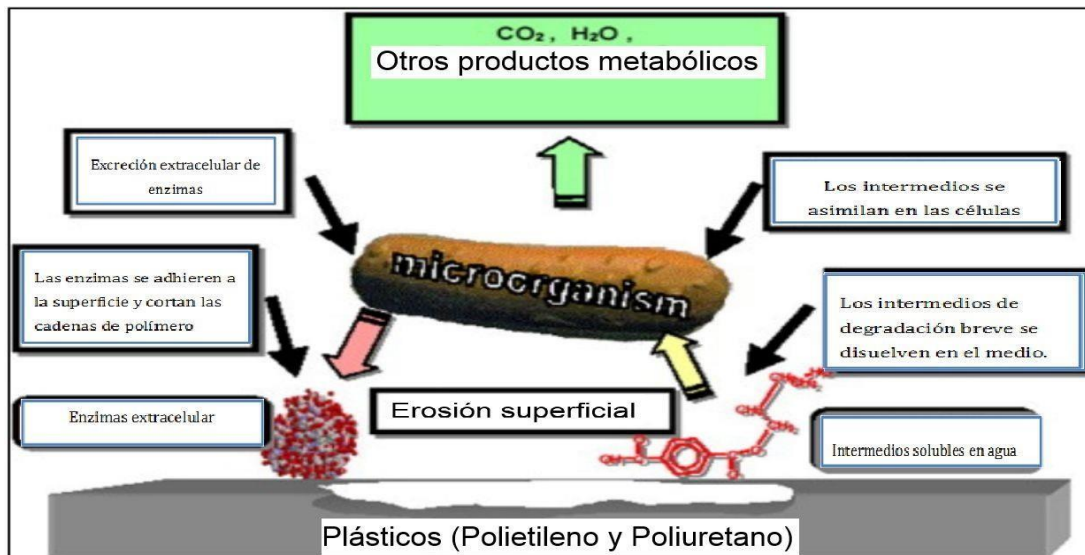
modifican y consumen el polímero provocando variación en sus propiedades (Restrepo, Bassi y Thompson, 2014). La biodegradación de un polímero de alta masa como el LDPE debe ser facilitada por enzimas extracelulares liberadas por el microorganismo que actúa (Ameen et al., 2015).

El mecanismo de degradación del polietileno comienza con la unión de superficies de microbios, siendo algunos de los hongos que tienen la capacidad de producir enzimas extracelulares que ejecutan la degradación de polietileno mediante un complejo enzimático extracelular (sistema ligninolítico) que contiene peroxidasas, lacasas y oxidasas que conducen a la producción de peróxido de hidrógeno extracelular dependiendo de las condiciones del cultivo u organismo varia la degradación. La lignina se descompone en lignina peroxidasas, manganeso peroxidasas y cobre que contiene fenoloxidasa, también conocida como lacasa (Sangale, Shahnawaz y Ade, 2019). En cambio, para Hari (2019), la degradación microbiana de un polímero solido tal como el polietileno requiere la formación de una biopelícula en la superficie mediante la actividad enzimática del *Aspergillus flavus* que degradan en cadena por el mecanismo de degradación de oxidación biológica por las enzimas amilasa, celulasa, proteasa, lipasa y lacasa.

La biodegradación del poliuretano se da bajo diversas condiciones químicas y biológicas a través de la ruptura de los enlaces éster pero también con el uso de bacterias y hongos que degradan poliésteres de poliuretano mediante el uso de las enzimas esterasa, ureasa, amidasa y proteasa, en particular, las enzimas esterasas, como las lipasas y las cutinasas, se ha demostrado que hidrolizan enlaces poliuretano de poliéster (Gunawan et al., 2020). Para Mathur y Prasad, (2012) la enzima esterasa es la causante de la degradación del poliuretano para detectar la actividad de la esterasa se realiza a través del cultivo sobrenadante al final del período de incubación, el papel importante de la enzima esterasa sobre la degradación del poliuretano por *Aspergillus flavus* es debido a la alta actividad extracelular.

En la Figura 2, se observa el mecanismo de biodegradación mediante microorganismos en poliuretano y polietileno.

Figura 2: Mecanismo de biodegradación mediante microorganismos en poliuretano y polietileno.



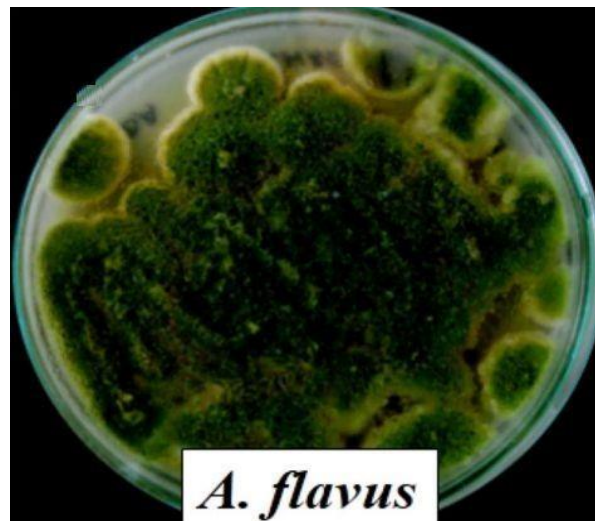
Fuente: Alshehrei, (2017)

Para la obtención del hongo *Aspergillus flavus* estas pueden ser recolectadas de diferentes puntos, así para Verma y Gupta, (2019) las muestras de suelo se recolectaron al azar de los vertederos de Agra que contenían gran cantidad de desechos plásticos que habían estado enterrados durante mucho tiempo. Para el estudio de Das, Kumar y Das, (2018) la muestra fue aislada del vertedero municipal local en Chennai, India. Para Santacoloma et al., (2019) la muestra utilizada en su estudio fue el maíz (*Zea mays* v.), que detectó la presencia de *Aspergillus flavus* debido a la formación de una esporulación de color amarillo verdoso, ubicada en la parte superior del maíz, similar a la que se muestra en la Fig.1. Para otro autor la presencia del hongo *Aspergillus flavus* no solo es terrestre, recolectaron muestras de agua de mar de la costa del Mar Rojo, cerca de la provincia de Jeddah, Arabia Saudita, las muestras se recogen en una botella esterilizada y se transfieren al laboratorio (Alshehrei, 2017).

Para Santacoloma et al., (2019) la investigación se desarrolló en tres fases que se resumen a continuación: Aislamiento, identificación y cultivo de *Aspergillus flavus*. Los hongos aislados se identificaron en función de sus características culturales y morfológicas (Alshehrei, 2017), como forma, color y estructura bajo microscopio óptico y mediante caracterización molecular (Verma y Gupta, 2019), además , para su identificación se tuvo en cuenta la morfología macroscópica, es decir, la textura, el color y la superficie de los hongos cultivados en una placa SDA (Sabouraud dextrosa agar) (Das, Kumar y Das, 2018), las características macroscópicas son colonias de rápido crecimiento, de 3 a 5 días; comenzando con un tono algodonoso blanco amarillento; con el tiempo se vuelven pulverulentas y con tonos verdosos o verde amarillentos (Santacoloma et al. 2019).

En la Figura 3, se puede observar la imagen del *Aspergillus flavus* a nivel microscópico, basadas en las características morfológicas (forma, color, estructura).

Figura 3: Hongo *Aspergillus flavus*



Fuente:(Das, Kumar y Das ,2018).

El agar Sabouraud Dextrose Agar (SDA) es un medio de cultivo que funciona como medio de enriquecimiento de hongos por sus características, contiene peptonas y una alta concentración de glucosa que favorece el crecimiento de hongos. El medio de cultivo YGC contiene un antibiótico, cloranfenicol, para suprimir la flora bacteriana que pueda estar presente y puede durar hasta cuatro meses (Santacoloma et al., 2019). El medio de cultivo de agar nutritivo para el hongo *Aspergillus* viene a ser el agar Czapek Dox se realizó el aislamiento mediante la técnica de placa extendida, se incubaron a 37°C de 2 a 7 días. (Deepika y Madhuri, 2015). En el estudio de Santacoloma et al., (2019) utilizaron dos agares el Sabouraud Dextrose Agar (SDA), y el extracto de levadura glucosa Agar cloranfenicol (YGC), conduciendo a mejores resultados para la biodegradación del polietileno con agar YGC. Así mismo la investigación de Das, Kumar y Das, (2018) los hongos fueron cultivados en una placa SDA (Sabouraud dextrosa agar) se incubó a 25 ° C durante 2 días.

La metodología para identificar el *Aspergillus flavus* degradante de polietileno, fue el cribado de hongos, los hongos aislados se inocularon en polvo de LDPE que contenía placas de agar Czapek dox y se incubaron a 28°C durante 7 días, estos aislados se cribaron para examinar su actividad en la degradación del polietileno en un medio mineral sintético (Alshehrei, 2017a). En el estudio de Das, Kumar y Das, (2018) los hongos que degradan el LDPE se seleccionaron mediante la técnica de placa de extensión utilizando el medio de sal mineral complementado con polvo de LDPE al 3%, las placas de cultivo se incubaron a 25 ° C durante 5 días, el hongo desarrollado se cultivó en placas SDA (Sabouraud dextrosa agar) y se conservaron para su uso posterior.

Verma y Gupta, (2019) en su investigación, utilizó un medio que contenía polvo de LDPE para seleccionar los hongos que degradan el polietileno. Las placas se incubaron a 30 ° C durante 7–10 días con los hongos aislados, de los 18 hongos, solo 2 tipos de hongos mostraron crecimiento en el medio

sintético de cribado y pudieron utilizar polietileno como fuente de carbono, degradando así el polietileno, uno de estos hongos fue el *Aspergillus flavus*.

Para la degradación de los polímeros con el hongo *Aspergillus flavus* influyen las condiciones operacionales, así el pH óptimo requerido para la actividad máxima de la esterasa en el estudio de Khan et al., (2017) fue registrado a un pH de 7 mientras que la lipasa mostró su máxima actividad a pH de 5. La temperatura óptima para la mayor actividad de las enzimas esterasa y la lipasa fue a un valor de 37°C. para la degradación de poliuretano (Khan et al., 2017). En cambio, Gonzales (2019) afirma que, *Aspergillus flavus* es un buen degradador de polietileno a un pH de 4,5 formando biopelícula gruesa con aspecto gelatinoso y teniendo la capacidad para adherirse al polietileno.

Los investigadores evalúan la biodegradación del polietileno (PE) midiendo cambios en varias características fisicoquímicas y estructurales utilizando técnicas como la espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR), el microscopio electrónico de barrido (SEM), entre otros (Ghatge et al. 2020). La espectroscopia de infrarrojos por transformada de Fourier evalúa las películas de poliuretano, evaluar la degradación sobre la base de los cambios en grupos funcionales por el espectrómetro FTIR (Mathur y Prasad, 2012). Para Verma y Gupta (2019), el FITR es una herramienta de importancia ya que permite analizar los cambios estructurales de la degradación del polietileno, el análisis ofrece una vista cercana del estiramiento, deformación, flexión y nueva formación de enlace de grupo funcional.

La Microscopía electrónica de barrido SEM para estudiar el efecto del crecimiento de *Aspergillus flavus* en la película. La morfología de la superficie de la PU incubada con *Aspergillus flavus* presentan cambios como fosas, erosiones y manchas oscuras. Las esporas de hongos vienen a ser hifas dispersas sobre la superficie de poliuretano mediante la fijación de las

esporas e hifas a la superficie realizan una actividad importante en la biodegradación del poliuretano (Mathur y Prasad, 2012). Para Verma y Gupta, (2019) el análisis de microscopía electrónica de barrido sirve para medir los cambios en la morfología de la superficie y la microestructura del polietileno a causa de la biodegradación del *Aspergillus flavus*, mediante el análisis SEM se confirma la degradación del polietileno revelando la presencia de porosidad y fragilidad en la superficie del polietileno por los hongos (Raaman et al., 2012).

III METODOLOGÍA:

3.1 Tipo y diseño de investigación:

La presente investigación es de tipo básica debido a que es una recopilación de información científica que ayuda a construir nuevas bases teóricas para aportar anuevas investigaciones (Hernández, 2015).

El diseño de la investigación es de enfoque cualitativo narrativo de tópicos lo cual permite al investigador recopilar información existente y de esta manera analizarcomparar los datos las investigaciones recopiladas (Díaz y Núñez, 2015).

3.2 Categorías, subcategorías, y matriz de categorización apriorística

En la sección de anexos se puede apreciar en al anexo 01 la Matriz apriorística de la biodegradación de polietileno y poliuretano con *Aspergillus flavus*.

3.3 Escenario de estudio

En el presente trabajo de investigación no cuenta con un escenario de estudio debido a que es una investigación que trata sobre la recopilación de trabajos de investigación mediante una revisión sistemática.

3.4 Participantes

Los participantes en este trabajo de investigación vienen a ser los artículos científicos de las revistas indexadas que fueron recopiladas de las bases de datos, como EBSCO, Scielo, Scopus, ScienceDirect, repositorios en diferentes universidades internacionales como nacionales a través de ellas se recopilara toda la información y se apreciara en el trabajo de investigación.

3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La presente investigación emplea una técnica de análisis documental, ya que, la revisión sistemática integra la búsqueda rigurosa y definida de la

literatura de unatemática de interés (Cronin, Ryan y Coughlan, 2004) así mismo, abarca la búsqueda e identificación de investigaciones potencialmente relevantes (Thomas et al., 2017). Por lo cual, se utilizó como instrumento una ficha de recolección de datos: para la eficiencia de la degradación de Polietileno y Poliuretano utilizando *Aspergillus flavus*, como también para las condiciones operacionales de *Aspergillus flavus* para la degradación de Polietileno y Poliuretano, a su vez para los tipos de medios de cultivo de *Aspergillus flavus* para la reducción de Polietileno y Poliuretano.

3.6 Procedimiento

Para el procedimiento de la investigación, en la primera etapa se realizó la estrategia de búsqueda por las bases de datos como: EBSCO, ScienceDirect, Scielo, Scopus, Google scholar, teniendo como prioridad la información de artículos en inglés, enfocadas en biodegradación de Polietileno y Poliuretano usando *Aspergillus flavus*. Se realizó una búsqueda del mes de Setiembre del 2020 hasta marzo del presente año 2021. A continuación, la Tabla 4 detalla los códigos de consulta empleados para la obtención de investigaciones.

En la segunda etapa se realizó una filtración de la información, para evaluar la calidad de los estudios, basándose en criterios de inclusión y exclusión en la investigación, como se observa en la Figura 4.

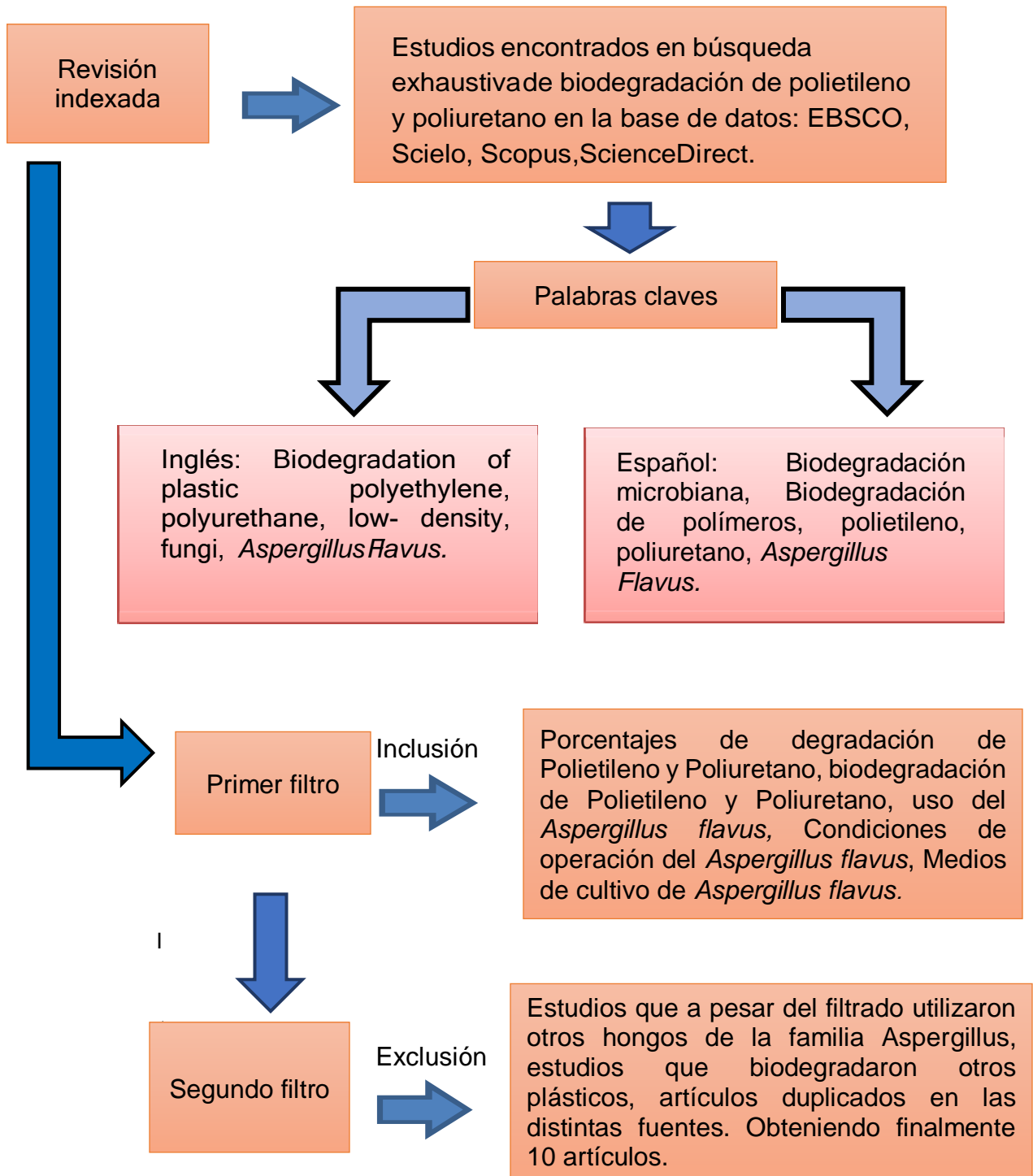
La tercera y última etapa básicamente consistió en analizar y plantear la información seleccionada anteriormente, así poder desarrollar el presente trabajo de investigación.

Tabla 3: Código de consulta para la obtención de investigación 2021

Base de datos	Palabra clave	Idioma	Tipo de documento	Numero de documento
Scopus	(TITLE-ABS-KEY (biodegradation) AND TITLE-ABS-KEY (plastic) AND TITLE-ABS-KEY (aspergillus) AND TITLE-ABS-KEY (flavus) OR TITLE-ABS-KEY (fungi) AND TITLE-ABS-KEY (polyurethane) OR TITLE-ABS-KEY (polyethylene)) (bi)).	Ingles	Artículos	16
Ebsco	Biodegradation AND polyethylene AND aspergillus flavus; Biodegradation of plastic AND Aspergillus Flavus AND Polyurethane	Ingles	Artículos	17
Science Direct	Biodegradation of low-density, polyethylene AND Fungi AND <i>flavus</i> . Biodegradation of plastic AND Polyurethane AND <i>Aspergillus</i> AND <i>Flavus</i>	Ingles	Artículos	9
Scielo	biodegradación, polietileno, <i>Aspergillus Flavus</i>	Español	Articulo	1
GOOGLE SCHOLAR	Degradation of polyethylene, Polyurethane, <i>Aspergillus Flavus</i>	Ingles	Articulo	2

Fuente: Elaboración propia

Figura 4: Diagrama de flujo de la revisión bibliográfica en la Biodegradación de Polietileno y Poliuretano usando *Aspergillus flavus*



Fuente: Elaboración propia

3.7 Rigor científico

El rigor científico se realizará por la búsqueda y coherencia lógica entre las investigaciones recopiladas en la presente revisión bibliográfica. La Confiabilidad viene a ser dada por el rango de aceptabilidad que presentan los instrumentos de recolección de datos de la investigación. La validez viene a ser ejecutada mediante la conformabilidad de los expertos para aceptar los instrumentos de recolección de datos asumiendo la investigación característica de credibilidad y consistencia lógica para llevar a cabo la investigación. El rigor científico de la actividad científica cualitativa surge como criterio clave y diferenciador el de “credibilidad”, “auditabilidad”, “transparencia” o “conformabilidad”, por sobre los de confiabilidad y validez positivistas (Erazo, 2011).

3.8 Método y análisis de datos

En el proceso cuantitativo lo primordial es que se recolectan todos los datos obtenidos para que luego se analicen, mientras que en una investigación cualitativa no es así, sino que el análisis y la recolección ocurren siempre de manera paralela; asimismo, el análisis no es uniforme, ya que cada estudio necesita un esquema peculiar. Como cualquier clase de análisis, el proceso cualitativo es sumamente contextual y no sería un análisis “paso a paso”, sino que consiste en evaluar cada dato en sí mismo y en relación con los demás (Hernández, Fernandez y Baptista, 2015). El análisis de datos es acción de tomar la decisión de qué material agregar y cuál desechar a la hora de realizar los datos de nuestro análisis; para ello, es sumamente importante leer y releer la información recolectada con la temática de investigación de estudio (Schettini y Cortazzo, 2015).

3.9 Aspectos éticos

El trabajo de investigación se redactó respetando los lineamientos establecidos por la Universidad César Vallejo que son las líneas de investigación, el código de ética, el reglamento de investigación, la guía de productos de investigación 2021 y el software Turnitin para verificar la originalidad del presente trabajo. De igual forma, se respetó el derecho de autenticidad de cada autor en el informe de investigación.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Condiciones de operación e la degradación de polietileno y poliuretano usando *Aspergillus flavus*.

En la Tabla 4, se puede apreciar los resultados con respecto a la biodegradación de polietileno y poliuretano usando *Aspergillus flavus*, y las condiciones de operación

Tabla 4: Resultados de la revisión bibliográfica para la biodegradación de polietileno y poliuretano con *Aspergillus flavus*.

Autor y año	Obtención del hongo	Tipo de plástico	Medio de cultivo	Condiciones operacionales			
				pH	T° (°C)	Tiempo días	Eficiencia (%)
Verma y Gupta (2019)	Vertedero Municipal	LDPE	Agar Dextrosa Sabouraud +tierra estéril	6,5	38	273	30,6
			Agar dextrosa Sabouraud + MSM (medio sal mineral)	7	30	121	14,3
Das, Kumar y Das, (2018)	Vertedero Municipal	LDPE	Sabouraud dextrosa Agar (SDA)	7±0,3	25	60	17
Khan et al., (2020)	Entrañas de <i>Gryllus bimaculatus</i>	Poliuretano	Extracto de malta	12	25	105	28,5

Zhang et al., (2020)	Entrañas de polilla de la cera Galleria mellonella	HDPE	Agar SCS	-	-	28	3.9 ± 1.1
Santacoloma et al., (2019)	Incubado en el laboratorio	Polietileno	Agar YGC	-	28	100	23.6
Alshehrei, (2017)	Mar rojo	LDPE	Agar Czapeck Dox	-	28	30	16,2
Rani y Singh (2017)	Vertedero municipal	LDPE	Agar Czapeck Dox+ MSM (medio sal mineral	-	30	28	12,2
		HDPE					3,2
Deepika y Madhuri, (2015)	Vertedero	LDPE	Agar Czapeck Dox	-	30	182	16,4
Mathur y Prasad (2012)	Vertedero	Poliéster Poliuretano	Agar Dextrosa de patata	6-6.5	30	30	60,6
Usha y Sangeetha y Palaniswam, (2011)	Vertedero	Polietileno	Agar Sabouraud dextrosa		30	182	20,9

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la Tabla 4, los principales parámetros controlados fueron temperatura, pH y tiempo. Las investigaciones reportan temperaturas entre valores de 25°C a 30°C, con un tiempo de contacto (hongo-plástico) entre 28 días (Zhang, 2020) y 273 días (Verma y Gupta, 2019), siendo el tiempo más frecuentemente empleado de 28-30 días (Alshehrei, 2017; Rani y Singh, 2017; Mathur y Prasad, 2012), a su vez para el pH se obtienen datos que oscilan de 6.5 (Verma y Gupta, 2019) y 12 (Khan et al., 2020). Según Khan et al., (2020) indica que el pH está relacionado con el ambiente del cual se aisló el hongo, e influye en el crecimiento de este, (*Aspergillus flavus* G10 se aisló de un ambiente alcalino en el intestino de un grillo y se encontró que funciona mejor en medios alcalinos), sugiere a futuras investigaciones utilizar el pH que tiene el hongo inicialmente (lugar de procedencia). Pocos estudios han hecho evaluaciones comparando rangos de valores del mismo parámetro, Méndez y Vergaray, (2007) evaluaron 3 valores de pH, y dos valores de temperatura, concluyendo que el hongo *Aspergillus flavus* no degrada a un pH de 4.6, pero fue más eficiente con un pH de 6.5 y a una temperatura de 30 ° (Méndez y Vergaray, 2007).

Además, de los parámetros previamente descritos, otros autores indican la realización de un pretratamiento al plástico previo a la degradación. Por ejemplo, la utilización de benceno durante 30 minutos para eliminar el plastificante (Verma y Gupta, 2019), irradiar el polímero con luz ultravioleta durante 5hr como tratamiento de esterilización (Zhang et al., 2020), también optimizaron la biodegradación al pretratar la película de PU con exposición a los rayos UV (Khan et al., 2020). Con un porcentaje de eficiencia de 30,6%, $3.9 \pm 1\%$ y 28.5% respectivamente.

Eficiencias reportadas en la biodegradación de polietileno y poliuretano con *Aspergillus flavus*.

Respecto a los valores de eficiencia de la degradación de polietileno y poliuretano usando *Aspergillus flavus*, se reporta porcentajes mínimos de 3,26% (Rani y Singh, 2017) en la degradación de LDPE, y máximos valores de 30,6% (Verma y Gupta, 2019) en la eliminación de PE, según Santacoloma et al., (2019) indican que el *Aspergillus flavus* degrada en mayor porcentaje a otros hongos como *Aspergillus niger*, y degrada en mayor porcentaje el PE (23,6%), con respecto a otros plásticos como polietileno y polipropileno, Mathur y Prasad, (2012) en su trabajo de investigación, obtienen 60% en la degradación de poliuretano, siendo este el valor porcentual más alto hallando en los artículos usando *Aspergillus flavus*.

En la siguiente Tabla 5, se muestran los resultados de la metodología del cultivo y los mecanismos de degradación del *Aspergillus flavus* en polietileno y poliuretano

Tabla 5: Mecanismos de degradación del *Aspergillus flavus* en polietileno y poliuretano.

Autor y año	Tipo de plástico	Medio de cultivo	Mecanismo de degradación	Técnica de análisis de degradación
Verma y Gupta (2019)	LDPE	-Agar Dextrosa Sabouraud +tierra estéril -Agar dextrosa Sabouraud + MSM (medio sal mineral)	El mecanismo exacto de degradación enzimática en medio sintético	ATR-FTIR y SEM
Das, Kumar y Das, (2018)	LDPE	Sabouraud dextrosa Agar (SDA)	Oxidación del LDPE por hongos/enzimas mediadas por hongos	FESEM Y FTIR
Khan et al., (2020)	Poliuretano	Extracto de malta	Enzimas degradantes como la esterasa o la lipasa	ATR-FTIR-SEM
Zhang et al., (2020)	HDPE	Agar SCS	Degradación mediante la reacción en cadena de la polimerasa: dos enzimas oxidasa similares a lacasas.	FTIR
Santacoloma et al., (2019)	Polietileno	Agar YGC	Ensayo de capacidad biodegradativa cualitativa	Observación macroscópica.
Alshehrei, (2017)	LDPE	Agar Czapeck Dox	Degradación del polietileno en un medio mineral sintético. (oxidación)	SEM
Rani y Singh (2017)	LDPE	Agar Czapeck Dox+ MSM	Actividad enzimática por enzimas extracelulares que degradan	Observación microscópica

Deepika y Madhuri, (2015)	LDPE	(medio sal mineral) Agar Czapeck Dox	la película de HDPE.	Observación microscópica
	HDPE		Degradación de granulo de polímero mediante única fuente de carbono en el microorganismo degradador(oxidación)	
Mathur y Prasad (2012)	Poliéster Poliuretano	Agar Dextrosa de patata	Enzima degradante como la esterasa	FTIR-SEM
Usha y Sangeetha y Palaniswam, (2011)	Polietileno	Agar Sabouraud dextrosa	Degradación baja mediante agitación de las enzimas hidrolizantes secretadas.	No se menciona

Fuente: Elaboración propia

Medios de cultivo del *Aspergillus flavus* en la biodegradación de polietileno y poliuretano.

En la Tabla 5, se observa los medios de cultivo más utilizados en la revisión bibliográfica de la degradación de polietileno y poliuretano la cual fue: el Agar Sabouraud dextrosa el cual permitió resultados efectivos en la eficiencia del hongo *Aspergillus flavus* en la degradación de polietileno y poliuretano debido a que la mayoría lo utilizo en medio sintético y con agitación y esto se vio en las investigaciones de: (Verma y Gupta 2019, Das, Kumar y Das, 2018, Usha, Sangeetha y Palaniswam, 2011) y el otro medio de cultivo utilizado es el Agar Czapeck Dox el cual se vio que este medio representa un máximo crecimiento del hongo por ende se entiende que es un medio influye positivamente en los rendimientos de los porcentajes de degradación del polietileno y poliuretano estose reportó en los artículos científicos de: (Alshehrei,2017, Deepika y Madhuri, 2015, Rani y Singh, 2017). Al utilizar estos medios de cultivo Agar Sabouraud dextrosa y Agar Czapeck Dox ayudan a que el *Aspergillus Flavus* degrade con mayor facilidad el polietileno y poliuretano debido a que en las investigaciones mencionadas anteriormente han permitido mejores resultados en sus porcentajes de degradación debido a la influencia en el crecimiento del hongo en contacto con las películas de polietileno y poliuretano. Comparando con la investigación de Khan et al, (2020) se utilizó el extracto de malta el cual reporto un porcentaje elevado de degradación en el poliuretano. Por otro lado, para-Zhang et al., (2020), uso el medio Agar SCS, este medio logra una mayor alza en el proceso de degradación y en poco tiempo llevando así un mejor porcentaje de degradación en el polietileno en cambio para Santacoloma et al., (2019) uso el Agar YGC para el *Aspergillus flavus*. así mismo se mostró que este agar fue más efectivo debido a que presento mejores resultados en la reducción de peso del polietileno.

Mecanismos de degradación del *Aspergillus flavus* en polietileno y poliuretano.

En la Tabla 5, indican que el mecanismo de degradación reportado en las investigaciones fue por degradación enzimática mediante el uso de enzimas, como la esterasa, lipasa, mediante un proceso de oxidación del *Aspergillus flavus* en el polietileno y poliuretano esto fue reportado en las investigaciones de Zhang et.al(2020), Mathur y Prasad (2012), Khan et.al (2020). Seguidamente para Usha, Sangeetha y Palaniswam, (2011), reportaron la degradación del poliuretano por medio de la agitación del plástico con las enzimas hidrolizantes secretadas por el hongo, haciendo que la película de poliuretano sea utilizada como fuente de carbono del *Aspergillus flavus*. Mientras que para Rani y Singh, (2017), las enzimas extracelulares fueron las causantes de la degradación del polietileno aislado con el hongo *Aspergillus flavus* este hongo autóctono en fuentes salinas permiten una mayor oxidación del polietileno. Para Verma y Gupta, (2019), reporto la eliminación enzimática del polietileno en fuentes sintéticas permitiendo mostrar una mayor degradación de las tiras de polietileno.

Comparado con Deepika y Madhuri, (2015) observaron la degradación del polietileno mediante el uso de fuente única de carbono como alimento para el microorganismo degradador *Aspergillus flavus* viéndose así una película fina del polietileno debido a la degradación oxidativa por parte de los actinomicetos. Finalmente, para Alshehrei, (2017) examino la actividad máxima del hongo *Aspergillus flavus* en un medio sintético debido a que el polietileno es su única fuente de carbono para su proliferación en el polímero.

Técnicas de análisis de degradación del *Aspergillus flavus* en polietileno y poliuretano

En la Tabla 5, se puede apreciar las técnicas de análisis de degradación del polietileno y poliuretano las cuales sirven para la caracterización superficial de la de la degradación del polietileno y poliuretano, reportándose técnicas de análisis de espectroscopía de infrarrojo con transformada de Fourier (FTIR) y Microscopía electrónica de barrido (SEM). Los autores: Verma y Gupta, (2019) y Mathur y Prasad, (2012), mostraron cambios a través del análisis ATR-FTIR y FTIR, el ATR significa una prueba de muestreo que introduce luz a una muestra para adquirir información de la composición y estructura respectivamente, proporcionando una visión cercana del estiramiento, la deformación, la flexión mostrando el estiramiento vibracional en compuestos hidroxilados y carboxilatos de las moléculas del polietileno y efectos en la composición de la superficie del poliuretano debido a la degradación microbiana por hidrólisis de los enlaces éster mientras que los autores Khan et al, 2020, Zhang et al., 2020, mostraron pocos cambios en el análisis del ATR-FTIR en la estructura del polietileno y poliuretano observando así ligeras alteraciones en los espectros, lo más evidente fue el cambio en los espectros de absorción generando la aparición de los grupos hidroxilo, carbonilo y éter que van proporcionando la biooxidación del polietileno.

La micrografía electrónica de barrido ha demostrado la adhesión de los hongos y la formación de varios agujeros e irregularidades en la superficie del polietileno Das, Kumar y Das (2018), asimismo en el análisis del SEM ha permitido la evidencia de la rugosidad en la superficie de la película de poliuretano, con poros y grietas en algunas zonas, debido a la presencia de hifas, Khan et al, (2020). En la investigación de Verma y Gupta, (2019), para el análisis del SEM muestran que la superficie de la película de polietileno está picada y erosionada observándose grietas y agujeros lo cual evidencia la degradación del hongo. Alshehrei, (2017) mediante la técnica de SEM apreció cambios morfológicos del crecimiento del hongo a

través de los micelios y conidias asociadas en la superficie del polietileno. Mathur y Prasad, (2012), mediante fotomicrografías de SEM detectó cambios como picaduras, erosiones y manchas oscuras en la superficie del poliuretano por las hifas y esporas del *Aspergillus flavus*.

La observación microscópica se aplicó mediante el uso de un microscopio electrónico de transmisión respectivamente en el artículo de Santacoloma et al., (2019), el cual permitió la observación de la superficie del hongo en contacto con el polietileno observándose pigmentaciones blancas de la colonización del hongo sobre el polímero utilizando medios en suspensiones sólidas que contenían el hongo. Mientras que Rani y Singh, (2017) utilizó el azul de algodón con lactofenol para teñir el *Aspergillus flavus* viéndose un cambio estructural en la película de polietileno a partir de la vista macro y microscópica. Por último, Deepika y Madhuri, (2015) observaron un cambio estructural o morfológico en los gránulos de polímero asociados con los microbios que indican la degradación del polietileno esto se observó visualmente en las placas inoculadas en comparación con el control. Estas técnicas sirvieron para apreciar las imágenes de degradación del hongo en el polietileno y poliuretano lo cual se vio aplicado en las investigaciones de la revisión sistemática.

V. CONCLUSIONES

Los principales parámetros de control en la biodegradación con *Aspergillus flavus* en polietileno y poliuretano, fueron: temperatura, pH y tiempo. Respecto a la temperatura se recomienda una temperatura entre 25-30°C, ya que el hongo degrada mejor. Respecto al pH del medio cultivo el hongo es más eficiente a un pH 6,5-7. Referente al tiempo se recomienda que sea en 30 días, el mayor porcentaje de degradación fue en ese tiempo. Otros parámetros para considerar son la realización de un pretratamiento al plástico previo a la degradación. Por ejemplo, la utilización de benceno durante 30 minutos para eliminar el plastificante.

Respecto a los valores de eficiencia de la degradación de polietileno y poliuretano usando *Aspergillus flavus*, se reporta porcentajes mínimos de 3,26 y máximos valores de 30,6% en la eliminación de PE y obtienen 60% en la degradación de poliuretano, siendo este el valor porcentual más alto hallando en los artículos usando *Aspergillus flavus*.

Las metodologías de cultivo del *Aspergillus flavus* para la biodegradación del polietileno y poliuretano que más se encontraron en la revisión bibliográfica fueron el Agar Sabouraud dextrosa y el Agar Czapeck Dox, estos demostraron una mejor degradación del polietileno y poliuretano.

Los mecanismos de degradación del *Aspergillus flavus* para el polietileno y poliuretano fueron mediante la degradación enzimática por medio del uso de las enzimas: esterasa, lipasa, lacasas en medio sintético bajo agitación. Asimismo, se aplicaron técnicas de análisis de degradación que resultaron ser el análisis de espectroscopia de infrarrojo con transformada de Fourier (FTIR), transformada de Fourier de reflexión total atenuada (ATR-FTIR), microscopia electrónica de barrido (SEM) y observación microscópica, los cuales nos permite poder observar la estructura del polímero, tanto física, química o biológicamente y sus cambios en el proceso.

El análisis de FTIR ofrece una visión cercana del estiramiento, deformación, flexión y formación de nuevos enlaces del grupo funcional.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar una investigación sobre la degradación con *Aspergillus flavus* en otros tipos de plásticos, tal como el cloruro de polivinilo (PVC) ya que es el más usado en Perú y en el mundo. Para determinar su eficiencia, así mismo incluir en el artículo los parámetros empleados, para que puedan tomarlas como referencia a futuro.

Se recomienda continuar con investigaciones utilizando el hongo *Aspergillus flavus*, ya que no hay muchas investigaciones recientes, se sugiere realizar comparaciones según el medio de origen del hongo para verificar si la eficiencia del hongo varía.

Realizar investigaciones comparando los medios de cultivo tales como Sabouraud dextrosa agar (SDA), extracto de Malta, Agar Czapeck Dox, Agar dextrosa de patata, en la biodegradación de polietileno y poliuretano, con *Aspergillus flavus*.

Realizar revisiones bibliográficas acerca de la degradación de polietileno y poliuretano utilizando otros hongos de la familia *Aspergillus* tales como el *Aspergillus niger*, *Aspergillus spp* utilizándolos por separado y juntos debido a que se ha encontrado una buena eficiencia en la degradación de polietileno y poliuretano.

Se recomienda comparar las técnicas de análisis del SEM y FTIR en los estudios de la biodegradación del *Aspergillus flavus* en polietileno y poliuretano para discernir en cual se evidencia mejor la biodegradación del hongo debido a que mediante estas técnicas de análisis proporcionan la identificación rápida, definitiva y presentar información de la estructura química de las películas de polietileno y poliuretano.

REFERENCIAS

- ALSHEHREI, F., 2017a. Biodegradation of Low Density Polyethylene by Fungi Isolated from Red Sea Water. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* [en línea], vol. 6, no. 8, pp. 1703-1709. ISSN 23197692. DOI 10.20546/ijcmas.2017.608.204. Disponible en: <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.608.204>.
- ALSHEHREI, F., 2017b. Biodegradation of Synthetic and Natural Plastic by Microorganisms. *Journal of Applied & Environmental Microbiology* [en línea], vol. 5, no. 1, pp. 8-19. DOI 10.12691/jaem-5-1-2. Disponible en: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/56106857/jaem-5-1-2.pdf?1521527729=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DBiodegradation_of_Synthetic_and_Natural.pdf&Expires=1607655628&Signature=UarqUFPeLAGdbmuquy5xUVWVXXHsZsaqY6x~ema2izLwUnjVtxey3Pp9DX.
- AMEEN, F., MOSLEM, M., HADI, S. y AL-SABRI, A., 2015. Biodegradation of low density polyethylene (LDPE) by mangrove fungi from the red sea coast. *Progress in Rubber, Plastics and Recycling Technology*, vol. 31, no. 2, pp. 125-144. ISSN 14782413. DOI 10.1177/147776061503100204.
- ARANCIBIA, V.E., 2014. *Caracterización de Alternaria alternata aislada de contenedores residuales urbanos y su potencial uso en la degradación de polímeros de importancia ambiental*. S.I.: s.n.
- CRONIN, P., RYAN, F. y COUGHLAN, M., 2004. Undertaking a Literature Review. *Doing Postgraduate Research*, vol. 4, no. 4, pp. 411-429. ISSN 1469347X.
- CUMBAJIN, B. y VASQUEZ, M., 2013. *Diseño y construcción de una máquina pelletizadora de polietileno de baja densidad LDPE de 25 kg/h*. S.I.: s.n.
- DANSO, D., CHOW, J. y STREIT, W., 2019. Plastics: Environmental and Biotechnological Perspectives on Microbial Degradation. *Applied Environmental Microbiology* [en línea], vol. 85, no. 19, pp. 1-14. Disponible en: <https://aem.asm.org/content/85/19/e01095-19>.

- DAS, M.P., KUMAR, S. y DAS, J., 2018. Fungal-mediated deterioration and biodegradation study of low-density polyethylene (LDPE) isolated from municipal dump yard in Chennai, India. *Energy, Ecology and Environment* [en línea], vol. 3, no. 4, pp. 229-236. ISSN 23638338. DOI 10.1007/s40974-018-0085-z. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s40974-018-0085-z>.
- DEEPIKA, S. y MADHURI, Jaya, 2015. Biodegradation of low density polyethylene by micro-organisms from garbage soil. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*, vol. 3, no. 2320.
- DEEPIKA, S. y MADHURI, R, 2015. Biodegradation of low density polyethylene by micro-organisms from garbage soil. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences* [en línea], vol. 3, no. 1, pp. 15-21. Disponible en: <http://www.jebas.org>.
- DEVI, R., KANNAN, V., NIVAS, D., KANNAN, K., CHANDRU, S. y AROKIASWAMY, R., 2015. Biodegradation of HDPE by *Aspergillus* spp. from marine ecosystem of Gulf of Mannar, India. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 96, no. 1-2, pp. 32-40. ISSN 18793363. DOI 10.1016/j.marpolbul.2015.05.050.
- DÍAZ-, V. y NÚÑEZ, A., 2015. Scientific articles, types of scientific research and productivity in health sciences. *Revista Ciencias de la Salud*, vol. 14, no. 1, pp. 115-121. ISSN 21454507. DOI 10.12804/revsalud14.01.2016.10.
- ERAZO, M., 2011. Rigor científico en las prácticas de investigación cualitativa. *Ciencia, Docencia y Tecnología*, vol. XXII, no. 42, pp. 107-136. ISSN 0327-5566.
- GHATGE, S., YANG, Y., AHN, J. y HUR, H., 2020. Biodegradation of polyethylene: a brief review. *Applied Biological Chemistry*, vol. 63, no. 1, pp. 1- 14. ISSN 24680842. DOI 10.1186/s13765-020-00511-3.
- GUNAWAN, N.R., TESSMAN, M., SCHREIMAN, A.C., SIMKOVSKY, R., SAMOYLOV, A.A., NEELAKANTAN, N.K., BEMIS, T.A., BURKART, M.D., POMEROY, R.S. y MAYFIELD, S.P., 2020. Rapid biodegradation of renewable polyurethane foams with identification of associated microorganisms and decomposition products. *Bioresource Technology Reports* [en línea], vol. 11,

pp. 100513. ISSN 2589014X. DOI 10.1016/j.biteb.2020.100513. Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.biteb.2020.100513>.

HARI, S., 2019. Review on effect of fungi on plastic degradation. *Department of Bio-Engineering, School of Engineering, Vels Institute of Science, Technology and Advanced Studies (VISTAS), Pallavaram, Chennai-600117, Tamilnadu, India*, vol. 6, no. 1, pp. 261-265.

HERNÁNDEZ, R., FERNANDEZ, C. y BAPTISTA, M., 2014. *Metodología de la investigación*. S.l.: s.n. ISBN 9781456223960.

HUARACA, C., 2018. *Formulacion y proceso productivo de espumas de poliuretano en la empresa corporacion Surymar S.A.C. – Lima* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en:
http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/handle/UNSCH/3415/TESIS_Q505_Hua.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

KHAN, S., NADIR, S., DONG, Y., SCHAEFER, D., MORTIMER, P., GUI, H., KHAN, A., YU, M., IQBAL, S., SHENG, J. y XU, J., 2020. Biodegradation of polyester polyurethane by *Aspergillus flavus* G10. , DOI 10.1101/2020.06.25.170654.

KHAN, S., NADIR, S., SHAH, Z.U., SHAH, A.A., KARUNARATHNA, S.C., XU, J., KHAN, A., MUNIR, S. y HASAN, F., 2017. Biodegradation of polyester polyurethane by *Aspergillus tubingensis*. *Environmental Pollution* [en línea], vol. 225, pp. 469-480. ISSN 18736424. DOI 10.1016/j.envpol.2017.03.012. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2017.03.012>.

KUMAR, S., DAS, M., JEYANTHI, L. y SHARMILA, S., 2013. Isolation and identification of LDPE degrading fungi from municipal solid waste. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, vol. 5, no. 3, pp. 78-81. ISSN 09757384.

MA, A. y WONG, Q., 2013. Identification of esterase in *Aspergillus flavus* during degradation of polyester polyurethane. *Canadian Young Scientist Journal* [en línea], vol. 6, no. 2, pp. 24-31. ISSN 1913-1925. DOI 10.13034/cysj-2013-004. Disponible en: 10.13034/cysj-2013-004.

MAGNIN, A., POLLET, E., PHALIP, V. y AVÉROUS, L., 2020. Evaluation of

- biological degradation of polyurethanes. *Biotechnology Advances*, vol. 39, no. 19. ISSN 07349750. DOI 10.1016/j.biotechadv.2019.107457.
- MAHAJAN, N. y GUPTA, P., 2015. New Insights into the Microbial Degradation of Polyurethanes. *Royal Society of Chemistry* [en línea], vol. 5, no. 52, pp. 41839-41854. Disponible en: <https://pubs.rsc.org/en/content/getauthorversionpdf/c5ra04589d>.
- MATHUR, G. y PRASAD, R., 2012. Degradation of Polyurethane by *Aspergillus flavus* (ITCC 6051) Isolated from Soil. *Applied biochemistry and biotechnology* [en línea], vol. 167, no. 6, pp. 1595-1602. Disponible en: 10.1007 / s12010-012-9572-4.
- MÉNDEZ, C.R., VERGARAY, G., BÉJAR, V.R. y CÁRDENAS, K.J., 2007. Aislamiento y caracterización de micromicetos biodegradadores de polietileno. *Revista Peruana de Biología*, vol. 13, no. 3, pp. 203-205. ISSN 17279933. DOI 10.15381/rpb.v13i3.2338.
- MINAN, 2018. D.S. N°013-2018-MINAM Decreto Supremo que aprueba la reducción del plástico de un solo uso y promueve el consumo responsable del plástico en las entidades del Poder Ejecutivo. [en línea]. Disponible en: https://www.perucompras.gob.pe/archivos/eficiencia/PPT_DS_N_013_2018_MINAM_Reducccion_de_plastico_de_un_solo_uso_y_promueve_el_consumo_responsable_del_plastico.pdf.
- MOGOLLON, H. y SARMIENTO, L., 2020. *Evaluación de la biodegradación microbiana de un empaque plástico comercial de ácido poliláctico por medio de un lodo activo, aspergillus y lodo activo bioaumentado con aspergillus en un medio acuoso aerobio* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.11839/7775>.
- PATHAK, V.M. y NAVNEET, 2017. Review on the current status of polymer degradation: a microbial approach. *Bioresources and Bioprocessing*, vol. 4, no. 1. ISSN 21974365. DOI 10.1186/s40643-017-0145-9.
- PROAÑO, G., 2020. *Análisis de la normativa pública para la reducción del uso de envases plásticos en Ecuador* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en:

<http://repositorio.uisrael.edu.ec/bitstream/47000/2512/1/UISRAEL-EC-MASTER-ADMP-378.242-2020-017.pdf>.

- PURI, N., KUMAR, B. y TYAGI, H., 2013. Utilization of Recycled Wastes as Ingredients in Concrete Mix. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, vol. 2, no. 2, pp. 74-78.
- RAAMAN, N., RAJITHA, N., JAYSHREE, A. y JEGADEESH, R., 2012. Biodegradation of plastic by *Aspergillus* spp . isolated from polythene polluted sites around Chennai. *Journal of Academia and Industrial Research*, vol. 1, no. 6, pp. 313-316.
- RANI, A. y SINGH, P., 2017. Screening of Polyethylene Degrading Fungi from Polyethylene Dump Site. *International Journal of ChemTech Research*, vol. 10, no. 3, pp. 699-704.
- RANI, A., SINGH, P. y KUMAR, R., 2020. Microbial deterioration of high-density polyethylene by selected microorganisms. *Journal of Applied Biology and Biotechnology*, vol. 8, no. 6, pp. 64-66. ISSN 2347212X. DOI 10.7324/JABB.2020.80611.
- RESTREPO, J., BASSI, A. y THOMPSON, M., 2014. Microbial degradation and deterioration of polyethylene - A review. *International Biodeterioration and Biodegradation*, vol. 88, pp. 83-90. ISSN 09648305. DOI 10.1016/j.ibiod.2013.12.014.
- SÁNCHEZ, C., 2020. Microbial capability for the degradation of chemical additives present in petroleum-based plastic products: A review on current status and perspectives. *Journal of Hazardous Materials*, vol. 402. ISSN 18733336. DOI 10.1016/j.jhazmat.2020.123534.
- SANGALE, M., SHAHNAWAZ, M. y ADE, A., 2019. Potential of fungi isolated from the dumping sites mangrove rhizosphere soil to degrade polythene. *Scientific Reports* [en línea], vol. 9, no. 1, pp. 1-11. ISSN 20452322. DOI 10.1038/s41598-019-41448-y. Disponible en: <http://eds.a.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=1e8d1943-97b6-4089-8fe2-da5b4c94f40a%40sdc-v-sessmgr02>.

- SANTACOLOMA, S., BUITRAGO, M., LAMUS, V., ASPRILLA, S., RUÍZ, J. y VILLEGAS, L., 2019. Evaluation of the biodegradation of polyethylene, polystyrene and polypropylene, through controlled tests in solid suspension with the fungus *Aspergillus flavus*. , vol. 24, no. 03, pp. 532-540.
- SCHETTINI, P. y CORTAZZO, I., 2015. Análisis de Datos Cualitativos en Investigación Social. *Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP)*, vol. 15, no. 2, pp. 10-12.
- SHAHNAWAZ, M., SANGALE, M. y ADE, A., 2016. Bacteria-based polythene degradation products: GC-MS analysis and toxicity testing. *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 23, no. 11, pp. 10733-10741. ISSN 16147499. DOI 10.1007/s11356-016-6246-8.
- SHARMA, A., SHARMA, Taruna, SHARMA, Tanvi, SHARMA, S. y KANWAR, S.S., 2019. Role of Microbial Hydrolases in Bioremediation. [en línea]. S.l.: s.n., pp. 149-164. ISBN 9789811391170. Disponible en: http://link.springer.com/10.1007/978-981-13-9117-0_7.
- THOMAS, J., NOEL-STORR, A., MARSHALL, I., WALLACE, B., MCDONALD, S., MAVERGAMES, C., GLASZIOU, P., SHEMILT, I., SYNNOT, A., TURNER, T. y ELLIOTT, J., 2017. Living systematic reviews: 2. Combining human and machine effort. *Journal of Clinical Epidemiology*, vol. 91, pp. 31-37. ISSN 18785921. DOI 10.1016/j.jclinepi.2017.08.011.
- USHA, R., SANGEETHA, T. y PALANISWAMY, M., 2011. Screening of polyethylene degrading microorganisms from garbage soil. *Libyan Agriculture Research Center Journal International*, vol. 2, no. 4, pp. 200-204.
- VERMA, N. y GUPTA, S., 2019. Assessment of LDPE degrading potential *Aspergillus* species isolated from municipal landfill sites of Agra. *SN Applied Sciences* [en línea], vol. 1, no. 7, pp. 1-10. ISSN 2523-3963. DOI 10.1007/s42452-019-0746-3. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s42452-019-0746-3>.
- ZHANG, J., GAO, D., LI, Q., ZHAO, Yixuan, LI, L., LIN, H., BI, Q. y ZHAO, Yucheng, 2020. Biodegradation of polyethylene microplastic particles by the fungus

Aspergillus flavus from the guts of wax moth *Galleria mellonella*. *Science of the Total Environment*, vol. 704. ISSN 18791026. DOI 10.1016/j.scitotenv.2019.135931

ANEXOS

. Anexo I: Matriz de categorización apriorística de la biodegradación de polietileno y poliuretano con *Aspergillus flavus*.

Objetivos específicos	Categorías	Sub-Categorías	Unidad de análisis
Revisar los valores de efectividad en la biodegradación con <i>Aspergillus Flavus</i> en polietileno y poliuretano,	Efectividad en la biodegradación	Polietileno Poliuretano Efectividad en la biodegradación	- Deepika y Madhuri, (2015) - Santacoloma et al., (2019) - Das, Kumar y Das, (2018) - Verma y Gupta, (2019) - Mathur y Prasad, (2012) - Zhang et al., (2020)
Explicar las metodologías de cultivo en la biodegradación de polietileno y poliuretano con <i>Aspergillus Flavus</i>	Metodologías de cultivo en la biodegradación	Medio de cultivo <ul style="list-style-type: none"> • Agar SDA (Sabouraud Dextrose Agar9) • Agar YGC (extracto de levadura glucosa Agar cloranfenicol) • Agar CPDOX 	- Santacoloma et al., (2019) - Verma y Gupta, (2019) - Das, Kumar y Das, (2018) - Zhang et al., (2020) - Deepika y Madhuri, (2015) - Rani y Singh, (2017) - Alshehrei, (2017) - Accinelli et.al, (2020). - Taghavi ,(2020).

		Identificación y medio de cultivo del <i>Aspergillus Flavus</i>	
Explicar las condiciones de operación de la biodegradación con <i>Aspergillus flavus</i> en polietileno y poliuretano	Condiciones de operación de biodegradación	Parámetros de operación: <ul style="list-style-type: none"> • pH, • Temperatura, • Tiempo 	- Gonzales, (2019) - Deepika y Madhuri, (2015) - Santacoloma et al., (2019) - Das, Kumar y Das, (2018) - Verma y Gupta, (2019) - Mathur y Prasad, (2012) - Zhang et al., (2020)
Identificar los mecanismos de degradación del <i>Aspergillus Flavus</i> en polietileno y Poliuretano.	Mecanismos de degradación	Enzimas identificadas para el polietileno Enzimas identificadas para el poliuretano Medio de cultivo para el <i>Aspergillus Flavus</i>	- Mathur y Prasad, (2012) - Hari, (2019) - Sangale, Shahnawaz y Ade, (2019).

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2: Ficha de recolección de datos

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	FICHA DE ANALISIS DE CONTENIDO
--	---

TITULO

AÑO DE PUBLICACION	LUGAR DE PUBLICAION	Nº de página de información extraída
--------------------	---------------------	--------------------------------------

TIPO DE INVESTIGACION	AUTOR
-----------------------	-------

CODIGO	
PALBRAS CLAVES	
Valores de eficiencia del <i>Aspergillus flavus</i> en la biodegradación de polietileno y poliuretano	
Metodología de cultivo del <i>Aspergillus flavus</i> en la biodegradación de polietileno y poliuretano	
Condiciones de operaciones de la biodegradación con <i>Aspergillus flavus</i> en polietileno y poliuretano	
Mecanismos de degradación del <i>Aspergillus flavus</i> en polietileno y poliuretano	

Resultados	
Conclusiones	

Fuente: Elaboración propia



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, VALDIVIEZO GONZALES LORGIO GILBERTO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, asesor de Tesis titulada: "BIODEGRADACIÓN DE POLIETILENO Y POLIURETANO POR ASPERGILLUS FLAVUS: REVISIÓN SISTEMÁTICA", cuyos autores son ESTRADA PORTILLA MELISSA ELENA, INFANZON ARECHE HEIDY ALEYLA, constato que la investigación cumple con el índice de similitud establecido, y verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 08 de Julio del 2021

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
VALDIVIEZO GONZALES LORGIO GILBERTO DNI: 40323063 ORCID 0000-0002-8200-4640	Firmado digitalmente por: LVALDIVIEZOG el 21-07- 2021 20:38:42

Código documento Trilce: TRI - 0123973