

“EFECTO DE LOS HONGOS Y BACTERIAS
COMO MICROORGANISMOS ACELERADORES
EN LA BIODEGRADACIÓN DEL POLIETILENO
DE BAJA DENSIDAD EN EL PERÚ PERIODO
2016-2021”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Ambiental

Autores:

Wilson Cabrera Flores
Wilmer Ponce Paredes

Asesor:

M. Sc. Ing. Julián Ricardo Díaz Ruiz
<https://orcid.org/0000-0002-1870-6648>
Cajamarca - Perú

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Gladys Sandi Licapa Redolfo	41379556
	Nombre y Apellidos	N° DNI

Jurado 2	Marieta Eliana Cervantes Peralta	29425048
	Nombre y Apellidos	N° DNI

Jurado 3	Juan Carlo Flores Cerna	18898536
	Nombre y Apellidos	N° DNI

DEDICATORIA

A Dios por darnos la sabiduría y fuerza para elegir esta carrera apasionante e interesante. A nuestros queridos padres, seres incansables en la lucha por conseguir nuestros sueños inculcándonos el valor del estudio. Así también a la UPN, y docentes por compartirnos sus conocimientos y experiencias, es gratificante aprender en el día a día.

AGRADECIMIENTO

A nuestra familia, amigos, docentes de la Universidad expresamos nuestro especial agradecimiento por brindarnos conocimientos técnicos en el desarrollo de nuestra carrera.

TABLA DE CONTENIDOS

JURADO EVALUADOR.....	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO.....	4
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
RESUMEN	9
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	10
1.1. Realidad problemática	10
1.2. Formulación del problema	32
1.3. Objetivos.....	32
1.3.1. <i>Objetivo general</i>	32
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i>	32
1.4. Hipótesis	32
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	33
2.1. Tipo de investigación.....	33
2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)	33
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.....	34
2.3.1. <i>Técnica de recolección de datos</i>	34

2.3.2.	<i>Técnica de análisis de datos</i>	34
2.3.3.	<i>Método</i>	35
2.4.	Análisis de datos	37
2.5.	Materiales e instrumentos	38
2.6.	Procedimiento	38
CAPÍTULO III. RESULTADOS		43
3.1.	Identificación de los efectos de los hongos y bacterias como microorganismos aceleradores en la biodegradación del polietileno de baja densidad en el Perú en los periodos 2016-2021	44
3.2.	Porcentaje de biodegradación del polietileno de baja densidad que se produce aplicando microorganismos aceleradores.....	54
3.3.	Clasificación de los diferentes microorganismos biodegradadores de polietileno de baja densidad	60
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES		64
4.1.	Discusión	64
4.2.	Conclusiones.....	66
REFERENCIAS		68
ANEXOS		71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Características de Zygomycetes	27
Tabla 2 Forma deuteromycetes	28
Tabla 3 Clase Schizomycetes	28
Tabla 4 Forma Deuteromycetes	28
Tabla 5 Características de Bacilli	29
Tabla 6 Características de Clostridia	29
Tabla 7 Criterios de inclusión	35
Tabla 8 Análisis documental de la información	40
Tabla 9 Grafica comparativa sobre la capacidad biodegradativa de Bacterias 2016 al 2021	56
Tabla 10 Grafica comparativa sobre la capacidad biodegradativa de Hongos 2016 al 2021	57
Tabla 11 Géneros de los principales microorganismos degradadores del LDPE	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Categorización de polímeros.....	19
Figura 2 Diagrama sobre flujo de investigación exploratoria	36
Figura 3 Diagrama de análisis de datos	37
Figura 4 Grafica comparativa sobre la capacidad biodegradativa de Hongos y Bacterias al 2021	56

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo: Determinar el efecto de los hongos y bacterias como microorganismos aceleradores en la biodegradación del polietileno de baja densidad en el Perú en los periodos 2016-2021. La metodología utilizada es del tipo teórica revisando, buscando, explorando, describiendo y explicando de manera cuantitativa a través de un análisis de documentos (Tesis, Trabajos de maestrías, Trabajos de doctorados, revistas científicas, etc.), teniendo en cuenta las plataformas virtuales para la búsqueda como Google académico, Redalyc, Scielo; Dialnet. La población estudiada fue 518 publicaciones y la muestra obtenida fueron 11 que contienen información, referente a microorganismos con eficiente poder degradativo para el polietileno de baja densidad; una vez seleccionando los artículos y tesis más relevantes al tema en estudio, se ordenó de acuerdo a la capacidad degradativa de mayor a menor en hongos y bacterias (microorganismos) para posteriormente comparar los resultados. El resultado obtenido en la presente investigación muestra que los hongos del género “*Aspergillus sp*”, son quienes presentan mayor biodegradación (92%) con un tiempo de 30 días frente a las bacterias con mayor porcentaje en biodegradación, la “*Pseudomona aeruginosa*” (80%), con un tiempo de 37 días, esto debido que los hongos del género *Aspergillus sp.*, presentan enzimas hidrófobas que facilitan la degradación de plásticos.

Palabras clave: microorganismos, biodegradación, polietileno de baja densidad.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En la actualidad el uso de plásticos acarrea una problemática por la implicancia como un contaminante a largo plazo, sobre todo los plásticos de un solo uso como: bolsas, sorbetes, vasos, platos descartables; que para nuestro país ya se han dado restricciones como una norma que limita su uso; por otro lado, también se evidencia que, en la actualidad, los plásticos son productos muy utilizados y fabricados en grandes cantidades; sin embargo, debido a su difícil degradación son uno de los contaminantes más resaltantes y presentes en los suelos y océanos (Uribe 2011).

El uso masivo de plásticos en nuestro país alcanza cifras significativas tal como refiere (Guzmán 2018).

En nuestro país son 200 millones de bolsas de plástico anuales las que se distribuyen solamente en los supermercados del Perú, formando parte de las 336 000 toneladas métricas de residuos de este material que se acumulan en el territorio. El año 2016, a nivel nacional, se generó 7 000 576 toneladas de residuos sólidos municipales urbanos, de las cuales solo se recicló el 1,9 % del total de residuos sólidos re-aprovechables (plástico, vidrio, cartón, entre otros). Bajo este marco, el Ministerio del Ambiente (MINAM) publicó, en diciembre del 2017, el Reglamento de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, que busca minimizar la generación de residuos sólidos en el origen (viviendas, empresas, industrias, comercios, entre otros), así como promover su recuperación y valorización a través de procesos como el reciclaje de plásticos, metales, vidrios y otros, y la conversión de residuos orgánicos en compost, lo cual impulsará una industria moderna del reciclaje, incluyendo a los pequeños recicladores en esta cadena de valor (Guzmán 2018).

Según (Guerrero 2008) refiere que sería muy difícil tratar de imaginar nuestras vidas sin los plásticos. Si embargo cada día el problema de su acumulación crece alrededor del mundo y se hace difícil su tratamiento debido a que son sumamente resistentes a la biodegradación. Incinerarlos ha sido una opción para los plásticos no biodegradables, pero puede ser muy cara y peligrosa dada la toxicidad de algunas sustancias que se liberan en las chimeneas de los hornos de calcinación. Algunas de estas sustancias son el ácido clorhídrico y el cianuro de hidrógeno. Otra gran idea para reducir los desechos plásticos ha sido el reciclaje, pero para la industria y para la población en general resulta complicado discriminar y separar los materiales de acuerdo con las propiedades de los diferentes plásticos que son muchos y muy parecidos entre sí. Además, las aplicaciones de los plásticos reciclados son bastante limitadas y el proceso es caro. Esto nos lleva a la problemática ambiental que ya están generando los plásticos como desechos sólidos. Particularmente los entornos marinos son los más sensibles, donde anualmente se arrojan cientos de toneladas de plásticos”

(Terán 2017) manifiesta que en los últimos años ha cobrado más fuerza el objeto de estudio y de interés comunitario el contar con un sistema que reduzca el impacto de los plásticos en el medio ambiente, ya que el amplio uso de estos materiales no ha sido desarrollado en conjunto con protocolos de seguridad y de degradación en forma segura ante ello.

No se conoce un mecanismo específico de la biodegradación, pero se sabe que los microorganismos utilizan los compuestos que pueden atravesar la pared celular y mediante enzimas internas mineralizarlos. Los microorganismos presentes en el suelo y el compost son más complejos, por esta razón son más propensos a degradar compuestos poliméricos ya que existe un rango amplio de enzimas y metabolitos que pueden actuar dentro y fuera

de la pared celular, estos microorganismos dependen de las condiciones ambientales en las que se encuentran tales como el pH y la cantidad de oxígeno; sí el medio es neutro las bacterias son abundantes, si es ácido los hongos son los principales degradadores; si el oxígeno es bajo predominan las bacterias anaerobias y facultativas (Terán 2017).

Antecedentes Internacionales:

(Acuña 2017) en su tesis denomina “Revisión bibliográfica sobre los microorganismos biodegradadores de polietileno de baja densidad y sus efectos en el material” en el cual a partir de los resultados propone una metodología viable, que permita identificar los microorganismos biodegradadores del LDPE y su eficiencia. Su método de estudio que realizó fue teórico/bibliográfico recopilando, comparando, organizando y sistematizando los aspectos más relevantes reportados sobre la biodegradación del polietileno de baja densidad (LDPE) en los cuales están incluidos: los microorganismos capaces de utilizarlo como fuente de carbono, enzimas utilizadas y la comparación de sus eficiencias a partir de la pérdida de masa.

En el estudio realizado por Nayak Priyanka, Tiwari Archana, incubo hongos y bacterias durante un mes, en medio agar almidón, incubados a 35°C, se realizó un subcultivo cada 15 días y se determinó el peso perdido, se encontró que los hongos presentan más eficiencia biodegradando, los hongos *Aspergillium niger* como los *Proteus vulgaris* presentaron el mayor porcentaje de biodegradación (12,5%), lo que significa que por lo menos durante el primer mes los hongos suelen degradar más rápido el LDPE que las bacterias (Acuña 2017).

Chatterjee, Suman Mukherjee y Shamba, cultivó a 25-30°C el hongo (*aspergillus niger*) y las bacterias *Bacillus weihenstephanensis*, *Bkholderia cepacia*, *Escherichia coli*, durante 6 meses para probar sus respectivas habilidades para degradar el LDPE, usó el

análisis de pérdida de masa como prueba directa de la biodegradación, se encontró que todos lograron degradarlo, las bacterias *Escherichia coli*, (2 meses) y los hongos (4 meses) eran más rápidos, pero cuando pasaron los seis meses las bacterias *Bkholderia cepacia* eran las más rápidas, aunque no existía gran diferencia con los *Bacillus weihenstephanensis*, lo que significaría que las bacterias pueden ser a corto plazo más lentas degradando LDPE, mientras se adaptan a las condiciones y al uso del LDPE, pero durante largos periodos de tiempo pueden llegar a ser mejores o iguales degradando el LDPE como fuente de carbono (Acuña 2017).

Sonil Nanda, y Smiti Snigdha Sahu, estudio la “Biodegradabilidad de polietileno por *Brevibacillus*, *Pseudomonas*, y *Rhodococcus* sp” , en el cual estos microorganismos fueron Incubados a dos temperaturas distintas por 21 días (0.75 meses), 50°C para los *Brevibacillus*, y 40°C para las *Pseudomonas* sp y los *Rhodococcus* sp, como única fuente de carbono se les proporciono LDPE pulverizado (como pretratamiento) y con agitación a 150 rpm, los resultados obtenidos en la biodegradación fueron: *Brevibacillus* sp 37,5%, *Pseudomonas* sp 40,5% y *Rhodococcus* sp 33,0%, la temperatura fue clave influyendo de manera importante, favoreciendo el ambiente idóneo para el crecimiento de estos microorganismos (Acuña 2017)

(Cruz 2020) en su trabajo de investigación “Biodegradación de polietileno de baja densidad mediante un consorcio microbiano a condiciones anaerobias y aerobias” reviso investigaciones realizadas respecto a la biodegradación del PEBD, concluyendo que se evidenció que el proceso de biodegradación a condiciones anaerobias es el método más eficiente para la pérdida de peso del polietileno debido a que se le proporciona condiciones controladas en el laboratorio en relación del pH, temperatura y nutrientes.

(Gutierrez 2018) en su tesis Influencia de factores ambientales de crecimiento microbiano en la degradación de polietileno de baja densidad por la bacteria *pseudomona aeruginosa* en Huancayo demuestra que a los dos meses del experimento utilizando agar nutritivo con un pH de 5,5-7, con una muestra inicial 700 mg de PEBD logró biodegradar con la especie *Pseudomona aeruginosa*, 140 mg de la muestra.

Por otro lado, con el mismo pH de 5,5-7, los autores Quinchía & Maya (2015) en su investigación comprobaron la biodegradabilidad del polietileno de baja densidad, utilizando el cultivo de agar Sabouraud con la especie *Pycnoporus sanguineus*, teniendo una muestra inicial de 500 mg, lo cual demuestra resultados positivos en seis meses con una pérdida de peso en la muestra de 90% (Cruz 2020).

En el estudio de (Espinoza 2018), para la degradación con diferentes especies hongos en pH de 4,5-6 en un tiempo de tres meses logró evaluar una biodegradación, teniendo como muestra inicial 13 mg de polietileno de baja densidad donde se obtuvo un resultado de 1,98 mg de biodegradación.

De acuerdo a (Meza 2013) Biodegradabilidad de polietileno tereftalato y de oxopolietileno, a nivel de laboratorio, por la acción de bacterias nativas presentes en humus de lombriz, caballo y gallina, la acción biodegradadora de bacterias, actinomicetos y hongos cultivados en humus de caballo permite una pérdida de peso del PEBD del 10,89% en solo un mes y 5 días, cuya efectividad se le atribuye al consorcio microbiano variado y con un pH de 6-7,5 y una temperatura de 22°C.

Así mismo, (Chunga 2017) en su tesis denominada “Biodegradación de poliestireno utilizando microorganismos presentes en el humus de lombriz durante los meses, octubre – diciembre 2016” expresa que el comportamiento biodegradativo en el cultivo de humus de lombriz se le atribuye a microorganismos como *Bacillus* spp y *Clostridium* spp, considerando que la biodegradación del PEBD tiene un comportamiento diferente para

distintas profundidades en las que se entierran las muestras, obteniendo como resultado 9,13% de pérdida de peso de la muestra enterrada en el fondo de la maceta en un periodo de 2 meses.

Por otro lado, Orhan et al., 2004 menciona que la acción biodegradadora de las bacterias heterótrofas mesófilas aerobias en suelos mezclados con 50% de compost de residuos sólidos en un periodo de tiempo de 5 meses, la biodegradación del polietileno de baja densidad en compost garantiza niveles regulares de pérdida de peso de hasta el 36% en relación su peso inicial (Mostajo 2021).

(Espinoza 2018) en su tesis “Evaluación de la degradación de polietileno de baja densidad mediada por diferentes especies de hongos”, determino y cuantifico el nivel de degradación en muestras de polietileno de baja densidad con seis especies diferentes de hongos: *Aspergillus sp.*, *Fusarium sp.*, *Cladosporium sp.*, *Trichoderma harzianum*, *Penicillium sp.* y *Pleurotus ostreatus*. El cultivo fúngico con las muestras de plástico se realizó en períodos de 30, 60 y 90 días, en medio mínimo mineral. El LDPE utilizado fue sometido a un tratamiento de envejecimiento térmico antes de ser incubado con los microorganismos. Se registró la masa de las muestras de plástico antes y después del cultivo, donde se encontró una tendencia general al aumento de peso debido a residuos de la masa de hongo y restos de sal cristalizados adheridos a su superficie. Únicamente en las muestras de LDPE tratadas con *Fusarium* se encontró pérdida en peso (0,99% +/- 0,11%), lo cual es un indicio de mayor bio-asimilación de plástico por este hongo. En el análisis de microscopía electrónica de barrido (SEM), se encontró evidencia de actividad metabólica de los hongos, y se pudo confirmar su crecimiento y adherencia a la superficie del plástico.

Antecedentes Nacionales

(Gutiérrez 2019) en su tesis “Biodegradación de polietileno de baja densidad utilizando hongos, bacterias y consorcios microbianos aislados del botadero municipal de Tacna” planteándose como objetivo biodegradar polietileno de baja densidad (PEBD) mediante el uso de bacterias, hongos y consorcios microbianos aislados del botadero municipal de la misma ciudad. Para lo cual los microorganismos fueron aislados de materiales plásticos con evidencias de deterioro, las muestras fueron filtradas y preseleccionadas en medio de sales minerales. Se aislaron cepas, identificadas como *Bacillos* sp, *Acinetobacter* sp, *Pseudomonas* sp, *Flavobacterium* sp, *Micrococcus* sp, *Rhodotorula* sp, *Penicillium vanoranjei*, *Aspergillus* sp, *Saccharomyces cereviceae* y dos no identificadas. La acción degradativa del consorcio microbiano aislado fue evidenciada por la variabilidad en la microfotografía de SEM con respecto al polietileno de baja densidad sin control, observándose un promedio de peso perdido de 172,975 mg de polietileno de baja densidad, lo que correspondió un porcentaje de 2,88 % en un período de 70 días de incubación. El consorcio que obtuvo mayor porcentaje de biodegradación fue el consorcio 3 y con un porcentaje de 6,54 %. También hubo presencia de bacterias con un 69 % y hongos y levaduras con 31%.

(Mostajo 2021) en su tesis “Efectividad de micromycetos en la degradación de Polietileno aislados de Botaderos de la provincia del Cusco- 2018” en la investigación se tomaron muestras de restos de bolsas de plástico, para lo cual se seleccionó un área de 50 metros cuadrados en el área de zoterrado del botadero de Sicuani y Calca, el método de muestreo fue por cuadrantes. en cinco puntos a 5, 30 y 50 cm de profundidad/ punto de muestreo. Los microorganismos fueron aislados de materiales plásticos con evidencias de deterioro, identificando 12 cepas degradadoras de polietileno de baja densidad, el 83% del botadero de Sicuani y el 17% del boradero de Calca, las cepas degradadoras aisladas a 5

cm fueron, *P. rugulosum*, *A. orizae*, *A. flavus*, *P. brevicaudatum*, *A. fumigatus*, a 30 cm *P. purpurogenum* y *P. crysogenum*; a 50 cm *A. flavus*, *P. variable* y *P. crysogenum*.

(Gonzales 2020) realizó la tesis en su estudio “Capacidad biodegradativa de hongos filamentosos frente al polietileno” planteándose determinar la capacidad biodegradativa del polietileno por hongos filamentosos. El procesamiento de la muestras se realizó en el Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Ciencias Biológicas, la identificación taxonómica de hongos filamentosos con capacidad degradativa se realizó en base a características macroscópicas de crecimiento en placa y el estudio microscópico empleando la técnica de Microcultivo en lamina; la capacidad degradativa donde logran mayor actividad los hongos filamentosos frente al polietileno a pH :4,5 - 8,0 a 20 °C y 30 °C durante 20 días se realizó mediante la técnica de Kavelman y Kendrick. Se aisló cinco especies de hongos filamentosos; *Aspergillus Flavus*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus fumigatus*, *Mucor* sp. y *Fusarium* sp, demostrando mayor masa de crecimiento *Aspergillus niger* (64,67 %) seguido de *Aspergillus flavus*, *A. fumigatus* (23 %) *mucor* sp 16,67 % y *fusarium* sp. con 6,7 %, todos tienen capacidad biodegradativa frente al polietileno en diferentes escalas de calificación y según las condiciones de pH, *A. flavus* es un buen degradador de polietileno a un pH de 4,5 formando biopelícula gruesa con aspecto gelatinoso y tiene capacidad para adherirse al polietileno a diferencia de *A. niger* que forma biofilm más delgado y según la temperatura ambos hongos tienen capacidad biodegradativa a 20 y 30 °C, la cual ha resaltado esta investigación que permite plantear estrategias de biodegradación de este álgido problema de salud pública.

(Arotoma 2021) en el artículo “Biodegradación del polietileno de baja densidad con *staphylococcus* sp. aislado del botadero de Ascensión – Huancavelica” determino la degradación del polietileno de baja densidad por *Staphylococcus* sp.

Las bacterias fueron aisladas de LPDE con evidencias de deterioro, se aisló cepas de *Staphylococcus* sp. en medio de cultivo agar Manitol salado. El periodo de degradación del LPDE fueron 90 días en tres estufas de convección simple a temperatura de (37, 20 y 15°C). Los resultados se observan por la bacteria *Staphylococcus* sp. a una temperatura de 37 °C una degradación de 2,16 %, a una temperatura de 20 °C una degradación de 0,52 % y finalmente a una temperatura de 15 °C una degradación de 0,29 % Lo que significa que a temperatura de 37°C el *Staphylococcus* sp. es más eficiente en cuanto a la biodegradación y a 15 °C es menos eficiente, dicho cálculo se hizo por medio de pérdida de peso.

(Butron 2020) en su estudio “Capacidad de biodegradación de *Pseudomonas aeruginosa* frente al polietileno de baja densidad” planteándose evaluar la capacidad de biodegradación de la *Pseudomonas aeruginosa* frente al polietileno de baja densidad a temperaturas de 25 y 35°C con un pH de 5,0 y 7,0, durante 30 días, teniendo como resultados un porcentaje de 21,7% y 27,3% de pérdida de peso a una temperatura de 25°C y 35°C respectivamente con un pH de 7,0. Además, se evidenció la viabilidad de la biopelícula con microscopio de fluorescencia. La *pseudomona aeruginosa* demostró tener capacidad de biodegradación en un rango de temperatura de 25-35°C.

(Gutierrez 2018) en su tesis “Influencia de factores ambientales de crecimiento microbiano en la degradación de polietileno de baja densidad por la bacteria *Pseudomona aeruginosa* en Huancayo” evaluando la influencia del pH y temperatura, se tomaron muestras de agua para su cultivo y aislamiento, que a su vez fueron sometidas al consumo de polietileno como principal fuente de alimento, manejando condiciones de 4, 25,30 y 40 °C para su mejor desarrollo. Se observó crecimiento de colonias de bacterias identificadas

como *Pseudomonas aeruginosa*, indicando de esta manera que son capaces de degradar el polietileno de baja densidad.

Las bases teóricas utilizadas para este estudio

Polímeros

Son compuestos químicos con moléculas juntas en cadenas largas con átomos de carbono con repetición. Debido a su estructura, estos poseen propiedades únicas que pueden acopiarse para distintos usos. Sus macromoléculas están conformadas por monómeros unidos por enlaces covalentes (Ccallo 2020).

(Meza 2013), indica que algunos polímeros sintéticos son flexibles como los termoplásticos, que a su vez se clasifican en siete grupos los cuales son: polietileno de tereftalato (PET); polietileno de alta densidad (HDPE); cloruro de polivinilo (PVC); polietileno de baja densidad (LDPE); polipropileno (PP); poliestireno (PS); etc. Los polímeros se pueden clasificar de acuerdo con el tamaño de su molécula o según su estructura orgánica e inorgánica, el estado físico, la composición química, el uso final o la reacción que tiene con el ambiente, de acuerdo con Posada citado por Callata (2020 pág. 5), la principal división de los polímeros son plásticos y elastómeros que se muestra en la figura 1.

Figura 1

Categorización de polímeros



Figura 01: Clasificación de plásticos (Defalla, 2016). En la figura se muestra cada uno de los polímeros como el polietileno de tereftalato (PET); polietileno de alta densidad (HDPE); cloruro de polivinilo (PVC); polietileno de baja densidad (LDPE); polipropileno (PP); poliestireno (PS).

Polietileno de Baja Densidad.

El polietileno de baja densidad (LDPE) forma parte de nuestras vidas, ya que es utilizado para la fabricación de materiales diversos utilizados en nuestra vida cotidiana tal como refiere (Velasco 2017).

(Velasco 2017) resalta que el LDPE es un tipo de plástico utilizado en un gran número de productos tales como las bolsas de un solo uso, los embalajes, las lonas de terrenos y edificios, los acorchamientos agrícolas, los contenedores de residuos, las tuberías, etc. Esto se debe a su buen aguante a la electricidad, también se utiliza para aislar cables, como pueden ser los de las antenas. Esto es debido a las siguientes características: Alta resistencia, resistencia térmica, resistencia química y mayor flexibilidad.

Sin embargo, debido a las implicancias de su uso se busca acelerar el proceso degradativo de manera amigable con el medio ambiente, para ello se tendrá en cuenta la degradación por efecto microbiano y será necesario conocer la composición química del material. Ante esta situación investigaciones como la de (Moreno 2018) menciona. La biodegradación del LDPE puede clasificarse en abiótica o biótica; la primera considera el deterioro causado por factores ambientales como temperatura, humedad, radiación UV y daños mecánicos. En segundo lugar, la degradación biótica o biodegradación está definida como la capacidad de un microorganismo para causar deterioro en el material influenciando la degradación abiótica de manera química, física o enzimáticamente. Debido a que el polietileno ordinario es resistente a la biodegradación, la transformación inicial del material está relacionada con procesos abióticos.

El pretratamiento con radiación UV (foto-oxidación), oxidación térmica o química promueven la biodegradación del polietileno porque incrementan la hidrofilia del polímero mediante la formación de grupos carbonilos y permiten una disminución del peso molecular del mismo (Moreno 2018).

Los plásticos son biodegradados (mineralizados) aeróbicamente a CO₂ y H₂O en lugares expuestos al ambiente; anaeróbicamente a CO₂, CH₄ y H₂O en sedimentos y rellenos y aeróbica/anaeróbicamente en suelos y compost (Moreno 2018).

Formas de degradación del Plástico

Biodegradación.

Para (Tolentino 2012) es el resultado de los procesos de digestión, asimilación y metabolización de un compuesto llevado a cabo por microorganismos, bacterias, hongos y otros organismos reciclando los elementos de la biosfera restituyendo los elementos esenciales para la formación y crecimiento de nuevos organismos. La descomposición puede llevarse a cabo en presencia de oxígeno (aeróbica) o en su ausencia (anaeróbica). La primera es más completa y libera energía, dióxido de carbono y agua, es la de mayor rendimiento energético.

Biodegradación es la descomposición aeróbica o anaeróbica de un material por acción enzimática de microorganismos tales como bacterias, hongos y algas bajo condiciones normales del medio ambiente. La mayoría de los plásticos son inmunes al ataque de microorganismos, levaduras y hongos, sin embargo, se ha demostrado que aquellos que han sufrido primero una foto-oxidación, son vulnerables a ciertos microorganismos y a las enzimas generadas por éstos. La biodegradación de los plásticos establece la conversión de todos los constituyentes del plástico a CO₂, sales inorgánicas, componentes celulares y micelas correspondientes de las materias naturales. En condiciones aerobias, los productos de la biodegradación son: CO₂ y H₂O, estos son absorbidos por la naturaleza y así se cierra el ciclo del carbono. Una vez que un producto cumple con su vida útil, pasa a la categoría de residuo y cuando es recuperado por la naturaleza a través de la biodegradación, el ciclo se ha completado y esa materia vuelve a entrar al proceso (Portella 2019).

Hongos como agentes degradadores

En el proceso biodegradativo los hongos desempeñan un rol importante tal como refiere (Acuña 2017) : Los hongos producen algunos polisacáridos que ayudan a colonizar el material. Además, se han encontrado que los hongos liberan proteínas hidrófobas que se ligan a la superficie de los plásticos, produciendo mayor cantidad de biomasa, sobreviven a condiciones de baja disponibilidad de nutrientes, bajo pH y humedad, también es una ventaja la distribución y habilidad de penetración de las hifas, lo cual se comprueba en el gran número de géneros encontrados, además de la altísima frecuencia con que se encuentran.

Por su parte (Mostajo 2021) refiere. Los hongos son organismos heterotróficos que sintetizan enzimas intracelulares y extracelulares, que tienen capacidad de transformar prácticamente cualquier sustrato orgánico y oxidan algunos compuestos inorgánicos. Investigaciones sobre degradación biológica de plástico, han demostrado la importancia de este tipo de degradación, desde el punto de vista de la salud humana, del medio ambiente y del factor económico.

Sin embargo, existen condiciones determinantes para dichos microorganismos para poder biodegradar tal como refiere. Los hongos producen algunos polisacáridos que ayudan a colonizar el material. Se han encontrado que los hongos liberan proteínas hidrófobas que se ligan a la superficie del LDPE, y producen mayor cantidad de biomasa, sobreviven a condiciones de baja disponibilidad de nutrientes; también es una ventaja la distribución y habilidad de penetración de las hifas. Como resultado, los hongos generan zonas localizadas erosionando el sustrato cuando crecen en sustratos tales como celulosa, y las hifas deben extenderse continuamente en zonas frescas lo cual se comprueba en el gran número de géneros encontrados, y con mucha frecuencia (Mostajo 2021).

Bacterias como agentes degradadores.

Definición.

Las bacterias son un grupo extremadamente diverso de organismos con variaciones extensivas de las propiedades morfológicas, ecológicas y fisiológicas y son los degradadores primarios de compuestos orgánicos naturales y xenobióticos encontrados en el suelo. Las bacterias se clasifican usando sus características físicas, químicas, genéticas y metabólicas. Entre otras propiedades, las bacterias tienen una pared celular de peptidoglicano que contiene ácido murámico o están relacionadas con bacterias que tienen este tipo de pared celular, y tienen lípidos de membrana con ácidos grasos de cadena recta con enlaces éster que se asemeja a los lípidos de la membrana de las células eucariotas (Ccallo 2020).

El género *Pseudomonas*,

Pertenece a la familia Pseudomonadaceae, que se sitúa dentro del orden Pseudomonadales, este grupo es tradicionalmente, conocido por los microbiólogos como un grupo patógeno de plantas más que de animales. Son bacilos G (-), móviles con flagelos polares, aerobios estrictos, metabolismo oxidativo no fermentativo. Las bacterias del género *Pseudomonas* son muy ubicuas y se encuentran en suelos, aguas, y ambientes intrahospitalarios (Butron 2020).

La principal especie es la *Pseudomona aeruginosa*, crecen entre 10 y 42°. Muy repartidas por el medio: suelo, agua y de aquí pasan a las plantas o animales. Su metabolismo es siempre respiratorio, o bien aerobio (la mayoría usa como aceptor de electrones O₂) o anaerobio (algunos usan NO₂⁻). Presentan una versatilidad metabólica muy grande que se traduce en su capacidad de utilizar como fuente de carbono substratos muy variados. Por otra parte, hay algunos individuos del grupo que son quimiolitótrofos usando H₂ o CO como donadores de electrones. El metabolismo central de azúcares en este grupo

se desarrolla por la vía de Etner-Doudoroff, y disponen de un ciclo de Ácidos Tricarboxílicos normal. Algunas Pseudomonas son capaces de llevar a cabo procesos de desnitrificación con lo que se empobrecen los suelos de nitrógeno utilizable desde el punto de vista agrícola. Este proceso de reducción del nitrógeno (que actúa como aceptor de electrones en un proceso de respiración anaerobia) se denomina reducción disimilatoria del nitrógeno. La versatilidad metabólica del grupo se debe a la presencia de un gran número de plásmidos que contienen operones inducibles para la síntesis de enzimas específicos que permitan catabolizar los compuestos presentes en el medio. Esto confiere una importancia grande a las bacterias del género (Butron 2020).

Pseudomonas como digestores aerobios de materiales animales y vegetales, lo que contribuye al reciclaje biológico de materia orgánica. Algunas bacterias de este grupo producen pigmentos fluorescentes de colores amarillo-verdosos fácilmente solubles en agua. Estos pigmentos actúan como sideróforos: moléculas cuya función es capturar el hierro del medio necesario para el metabolismo del microorganismo. El crecimiento de las poblaciones bacterianas en un sistema de cultivo cerrado (sin entrada ni salida de los componentes del sistema), está limitado por el agotamiento de los nutrientes o bien por la acumulación de productos tóxicos del metabolismo. Cuando las bacterias se siembran en el laboratorio en un medio líquido (por ejemplo, en un tubo de ensayo), se trata de un sistema cerrado de cultivo. Si se toman muestras a intervalos regulares en diferentes tiempos de incubación y se realiza un recuento del número de células viables por mililitro de cultivo, la representación gráfica de los datos (conteo de células viables en función del tiempo) dará la curva de crecimiento característica que consta de cuatro fases: latencia, exponencial, estacionaria y muerte (Butron 2020).

En su estudio (Gutierrez 2018) menciona el crecimiento de microorganismos está influido notablemente por la naturaleza química y física de su ambiente, es decir permitirá

controlar el crecimiento microbiano y estudiar la distribución ecológica de los microorganismos es así que el pH y la temperatura tienen una influencia marcada en el proceso metabólico de la bacteria para este caso *Pseudomonas eruginosa* el autor refiere que dicho organismo realiza este proceso metabólico secretando enzimas que se encargan de romper la estructura molecular del plástico en condiciones de pH de 5 a 9 con una temperatura de 20 a 40°C en un lapso de tiempo de 37 días .

Por otro lado, UNAM (2019) menciona que las bacterias *Pseudomonas* en cuanto a la biodegradación del polietileno, son capaces de degradar estos productos ya que forman parte de su nutrición. Por ello, se decidió evaluar la biodegradación en donde el polietileno fue la única fuente de carbono. Es así como las *Pseudomonas*, no teniendo otra fuente de carbono en su dieta, degradaron el polietileno. Con lo que concluye, si esta práctica se decidiera implementar como una técnica para la biodegradación de desechos plásticos, sería necesario separar y triturar los plásticos dejándolas como única fuente de carbono, para someterse a la acción degradante de tapetes microbianos que incluyeran bacterias *Pseudomonas* (Chunga 2017).

Respiración y aireación.

Es fundamentalmente un “proceso metabólico de transferencia de electrones”. La energía necesaria para el crecimiento microbiano se obtiene durante el proceso de oxidación de materiales reducidos, donde las enzimas microbianas catalizan la transferencia de los electrones. Este proceso se denomina “respiración microbiana”, y se basa en que, en la cadena respiratoria, o transportadora de electrones de las células, producen una serie de reacciones de óxido-reducción cuyo fin es la obtención de energía. La cadena la inicia un sustrato orgánico que es externo a la célula y actúa como dador de electrones, de modo que la actividad metabólica de la célula acaba degradando y

consumiendo dicha sustancia. Los aceptores más utilizados por los microorganismos en general y particularmente por las *Pseudomonas spp*, son el oxígeno y los nitratos. Cuando el oxígeno es utilizado como aceptor de electrones la respiración microbiana se produce en condiciones aerobias, los microorganismos convierten en última instancia los contaminantes en dióxido de carbono, agua y masa celular microbiana de las *Pseudomonas* (mineralización) por enzimas oxigenasas. Sin embargo, si utiliza los sulfatos o el dióxido de carbono, se produce en condiciones reductoras o anaerobias (Gutierrez 2018).

Enzimas reportadas

Las enzimas son causantes directas e indirectas de la oxidación biótica de los plásticos, todas son enzimas extracelulares o también conocidas como exoenzimas, son secretadas por las células microbianas las cuales catalizan la formación de una o varias reacciones en la superficie de los plásticos, tales como son: la oxidación, la reducción, hidrólisis y esterificación (Portella 2019).

Algunas de las enzimas que han sido identificadas en la acción biodegradante de polímeros sintéticos son las cutinasas, hidrolasas, peroxidasas, oxidasas y oxidoreductasas, provenientes de microorganismos de los géneros *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Geotrichum*, *Mucor*, *Helminthosporium*, *Chaetomium*, *Fusarium*, *Hormodendrum*, *Cephalosporium* y *Nigrospora*. También se destacan bacterias de los géneros *Pseudomonas sp.*, *Arthrobacter sp.*, *Rhodococcus sp.* y *Bacillus circulans* (Acuña 2017).

Taxonomía

Tabla 1

Características de Zygomycetes

CLASE	ZYGOMYCETES.
Orden:	Mucorales.
Familia	Mucoraceae.
Género	<i>mucor.</i>

Tabla 1: clasificación taxonómica del hongo Zigomicetos.

Tabla 2

Forma deuteromycetes

CLASE	FORMA DEUTEROMYCETES
Orden:	Moniliales.
Familia:	Moniliaceae.
Género:	Aspergillus.
Especie:	<i>Aspergillus niger</i>

Tabla 2: clasificación taxonómica del hongo deutoromicetos.

En su estudio (Gonzales 2020) refiere “Las colonias se desarrollan con rapidez, transformándose en colonias planas, granulosas, negras e ilimitadas; al reverso no presentan pigmento. Al microscopio se observan hifas tabicadas de 2-4 μm de diámetro (de nutrición); las hifas reproductivas son más anchas, de 4-8 μm ; estas terminan con las clásicas “cabezas aspergilaes” que miden en total de 80-200 μm de diámetro; están compuestas por conidióforos cenocíticos largos (100-200 μm), vesículas redondas (25-100 μm de diámetro)” al que se atribuye de acuerdo a los resultados obtenidos en la escala de calificación se demuestra que *Aspergillus niger* es el hongo que demuestra mayor ataque fúngico que indica ser muy buen degradador del polietileno a 20°C y un pH 4.5 ,en un periodo de tiempo de 60 días, ya que el ataque se observó por encima y por debajo del material plástico, coincidiendo con lo que indica.

Tabla 3

Clase Schizomycetes

CLASE:	SCHIZOMYCETES
Orden	Pseudomonadales.
Familia:	Pseudomonadaceae.
Género:	<i>Pseudomonas</i>
Especie	<i>Pseudomona sp</i>

Tabla 3: clasificación taxonómica de la bacteria pseudomona.

Las células son Gram negativas, tienen forma de varillas curvadas que miden de 0,5 a 1,0 x 1,5 a 4.0 μm , con uno o varios flagelos polares; son catalasas positivas y estrictamente aerobias (Roncal 2004)

Tabla 4

Forma Deuteromycetes.

CLASE	FORMA DEUTEROMYCETES.
Orden	Moliliales
Familia:	Tuberculariaceae.
Género:	<i>Fusarium</i>
Especie	<i>Fusarium spp</i>

Tabla 4: clasificación taxonómica del hongo Fusarium.

Según (Roncal 2004) Al microscopio, de acuerdo a la especie se distingue hifas septadas, conidióforos, simples o ramificados, y conidios multiformes, uni y pluricelulares. El hongo *Fusarium culmorum* produce unas enzimas llamadas cutinasas, las cuales tienen el poder de degradar plastificantes que son aditivos del policloruro de vinilo (PVC) bajo condiciones de temperatura de 25°C y 30°C y pH de 6 a 8, en un periodo de 20 días.

Tabla 5

Características de Bacilli

CLASE	BACILLI
Orden:	Bacillales.
Familia:	Bacillaceae
Género:	<i>Bacillus</i> .

Tabla 1: clasificación taxonómica de la bacteria *Bacillus*.

Tabla 6

Características de Clostridia

CLASE	CLOSTRIDIA
Orden:	Clostridiales
Familia:	Clostridiaceae
Género:	<i>Clostridium</i> .
Especie	<i>Bacillus spp</i> y <i>Clostridium spp</i>

Tabla 1: clasificación taxonómica de la bacteria *Clostridium*.

Las bacterias pertenecientes al género *Bacillus spp* tienen la capacidad de degradar el plástico paulatinamente, modificando su estructura y utilizándolo como fuente de carbono, a diferencia de lo reportado por un estudio de la UNAM (2010) donde manifestaron que el género *Pseudomona spp* basan gran parte de su alimentación en carbono, volviéndolas microorganismos capaces de degradar rápidamente derivados de este material, como plástico, la diferencia es que el género *Pseudomona spp* posiblemente tiene mayor capacidad de degradación por multiplicarse rápidamente y consumir compuestos derivados del petróleo. En estudios realizado por (Chunga 2017) reporta gran cantidad de hongos, bacterias y actinomicetos en condiciones especiales pueden atacar los poliésteres alifáticos, así como las bacterias anaeróbicas en suelos poco aireados también contribuye significativamente al aceleramiento de la degradación, resultados que concuerdan con la investigación realizada, donde se comprobó que los géneros bacterianos *Bacillus spp* y *Clostridium spp* contribuyen

a la degradación del poliestireno. Esta similitud probablemente se debe a que estos microorganismos son capaces de degradar polímeros complejos e hidrocarburos, favoreciendo significativamente el aceleramiento de la degradación.

Según, Gonzales (2019), la velocidad de biodegradación del polietileno en el primer mes es más rápida, y luego disminuye a partir de los 2 meses teniendo una pérdida porcentual de peso de 0.25, lo que indica que los microorganismos tienen un proceso de biodegradación en un tiempo aceptable, esta diferencia posiblemente se debe a las muestras diferentes de plástico, así como el material biológico biodegradable (Chunga 2017).

Factores que Afectan en la Biodegradación

Estos organismos requieren de ciertos factores ambientales para metabolizar sustratos: humedad, oxígeno, pH, temperatura adecuada, siendo las enzimas las ejecutoras de la degradación bacteriana como fúngica de los plásticos. Una enzima no es más que una proteína con una función específica sobre un sustrato (Gonzales 2020).

Ámbito legislativo sobre el uso de bolsas en el Perú

El 5 de noviembre del 2018 se promulgó el Decreto Supremo N.º 013-2018- MINAM que aprueba la reducción del plástico de un solo uso y promueve el consumo responsable del plástico en las entidades del Poder Ejecutivo. A partir de la entrada en vigencia de la presente ley se prohibiría: La adquisición, uso, ingreso o comercialización, según corresponda, de bolsas de base polimérica; sorbetes de base polimérica tales como pajitas, pitillos, popotes cañitas; y recipientes o envases de poliestireno expandido para bebidas y alimentos de consumo humano, en las Áreas Naturales Protegidas, así como en las entidades de la administración estatal (Guzmán 2018).

Como justificación tenemos que el presente trabajo busca obtener información acerca de la capacidad de descomposición y degradación de LDPE por parte de los

microorganismos (Hongos y bacterias). De esta manera se realizará una comparación objetiva entre las cualidades de los microorganismos estudiados, a fin de determinar cuáles son los más aptos para ser introducidos como aditivos en medios de descomposición.

El mundo tira ocho millones de toneladas de plástico al mar cada año. Estos residuos son elementos intrusos en el ecosistema marino y representan una amenaza para innumerables especies. Se sabe también que miles de millones de toneladas de este tipo de residuos yacen en rellenos sanitarios y botaderos alrededor del mundo. Mucha de esta contaminación puede llegar a ser causante de incendios forestales, y de alguna u otra manera, afectarán a la fauna y flora silvestre. Los residuos plásticos son también una amenaza para la salud pública, ya que obstruyen alcantarillas y retienen agua ocasionando inundaciones (Espinoza 2018).

Ya en sus orígenes, los materiales plásticos nacieron como una solución para reemplazar los recursos que eran escasos y no sostenibles como el carey, el marfil o los huesos de animales. Desde entonces, los plásticos han transformado el mundo al aportar seguridad, higiene, comodidad y bienestar a nuestra sociedad. El bajo costo, la alta demanda y el prolongado tiempo de vida han hecho posible que éste sea considerado un contaminante peligroso a nivel mundial. Debido a la insuficiente cantidad de rellenos sanitarios, muchos de los residuos plásticos son llevados al mar, originando de esta manera la muerte de incontables especies (Un análisis de los datos sobre producción 2019)

Teniendo en cuenta dichas referencias, es justificable la búsqueda de métodos que reduzcan el impacto al medio ambiente.

El presente trabajo constituye un sustento y referencia para futuros proyectos. Esto se logrará al dejar definida una lista de microorganismos capaces de descomponer el LDPE, y al detallar minuciosamente el comportamiento, habilidad de descomposición y posibles problemas a superar en el proceso de degradación microbiológica de plásticos.

1.2. Formulación del problema

¿Los hongos y bacterias como microorganismos aceleradores en la biodegradación del polietileno de baja densidad en el Perú en los periodos 2016-2021 podrán degradar el LDPE?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar el efecto de los hongos y bacterias como microorganismos aceleradores en la biodegradación del polietileno de baja densidad en el Perú en los periodos 2016-2021.

1.3.2. Objetivos específicos

- Comparar el efecto de los hongos y las bacterias como microorganismos aceleradores en la biodegradación del polietileno de baja densidad con el tiempo y poder degradativo en porcentaje.
- Determinar qué porcentaje de biodegradación del polietileno de baja densidad que se produce aplicando microorganismos aceleradores.
- Analizar y clasificar los diferentes microorganismos biodegradadores de polietileno de baja densidad.

1.4. Hipótesis

Será posible que la utilización de microorganismos aceleradores de la biodegradación del polietileno de baja densidad biodegrade el polietileno de baja densidad en el Perú periodo 2016 – 2021.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación.

La presente investigación cuyo propósito es teórico busca explorar, describir y explicar de manera cuantitativa a través de un análisis documental sobre los microorganismos biodegradadores del polietileno de baja densidad teniendo en cuenta el periodo de años comprendido 2016 y 2021.

2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

Población

La población es el conjunto de todas unidades de análisis (individuos, eventos, sucesos, objetos entre otros), en los cuales se pretende realizar una investigación de acuerdo con posibles características en común entre ellos, los cuales se encuentran en un determinado tiempo y espacio dado (Raymundo 2017).

La población lo constituyen la lista de 518 documentos consultados en plataformas virtuales como Redalyc (84), Scielo (120), Dialnet (60), ScienceDirect (142), Scopus (80) y en Google académico (32 artículos).

Muestra

Una muestra no es más que la elección de una parte de un todo que es la población. Nos referiremos fundamentalmente a muestreo estadístico, por tanto, al diseño y la obtención de una muestra estadísticamente representativa de la población que se inscribe en un proceso de investigación de carácter cuantitativo donde la teoría del muestreo y de probabilidades son elementos importantes definitorios (López 2015).

La muestra se determinó de 12 investigaciones que contienen información referente a microorganismos con eficiente poder degradativo para el polietileno de baja densidad, como resultado de criterios de inclusión /exclusión teniendo en cuenta

artículos en idioma español, periodicidad 2016-2021, si se ajustan a la realidad problemática lo cual responden a estas 12 investigaciones de procedencia local e internacional.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.3.1. Técnica de recolección de datos.

En toda investigación es necesario llevar a cabo la recolección de datos, de esta manera este es un paso fundamental para tener éxito en la obtención de resultados. El llevar adecuadamente la recolección de datos y la escogencia del método de recolección de datos es una tarea que todo investigador debe conocer y debe tener mucha práctica en ella. La recolección de datos es considerada como la medición es una precondition para obtener el conocimiento científico, el instrumento de recolección de datos está orientado a crear las condiciones para la medición. Los datos son conceptos que expresan una abstracción del mundo real, de lo sensorial, susceptible de ser percibido por los sentidos de manera directa o indirecta, donde todo lo empírico es medible (Hernández 2020).

2.3.2. Técnica de análisis de datos

La técnica para analizar los datos obtenidos de estudios ya realizados fue mediante el análisis documental contenido en los estudios relacionados a microorganismos biodegradadores de los plásticos, donde se analizó y distinguió el tipo de microorganismo; además de la eficiencia degradativa y las condiciones en que se realiza y el plástico que degradan.

2.3.3. Método.

Se utilizo el método PRISMA este diseño ayuda a los autores de revisiones sistemáticas a documentar de manera transparente el porqué de la revisión, que hicieron los autores y que encontraron proporcionando así una síntesis del estado del conocimiento en un área determinada, a partir de la cual se pueden identificar futuras prioridades de investigación, abordar preguntas que de otro modo no podrían ser respondidas por estudios individuales, identificar problemas en la investigación primaria que deben ser corregidos en futuros estudios y generar o evaluar teorías sobre cómo o porque´ ocurren fenómenos de interés. Por lo tanto, las revisiones sistematizadas generan diversos tipos de conocimientos para diferentes usuarios de las revisiones (Yepes 2021).

Tabla 7

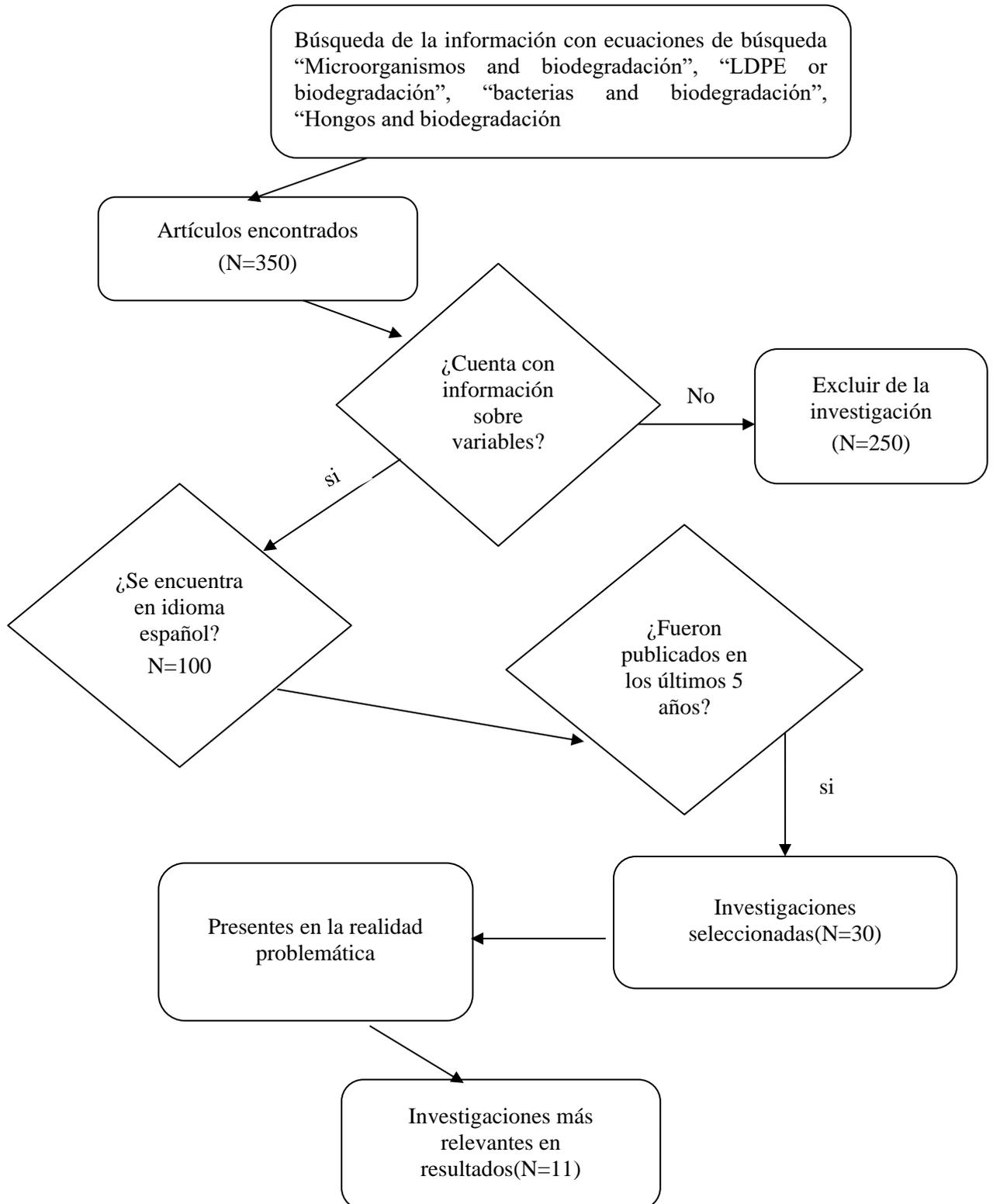
Criterios de inclusión

Objetivo de investigación de estudio	Biodegradación del polietileno de baja densidad (LDPE)
El idioma	Español
El tipo de diseño metodológico	Experimental y/o no experimental
Año de publicación del estudio	años 2016-2021
Variable de efecto/resultado	Microorganismos biodegradadores polietileno de baja densidad (LDPE)
Unidad de estudio	Hongos y bacterias

Tabla 7: la tabla 7 especifica los Criterios de investigación en la recopilación de datos

Figura 2

Diagrama sobre flujo de investigación exploratoria



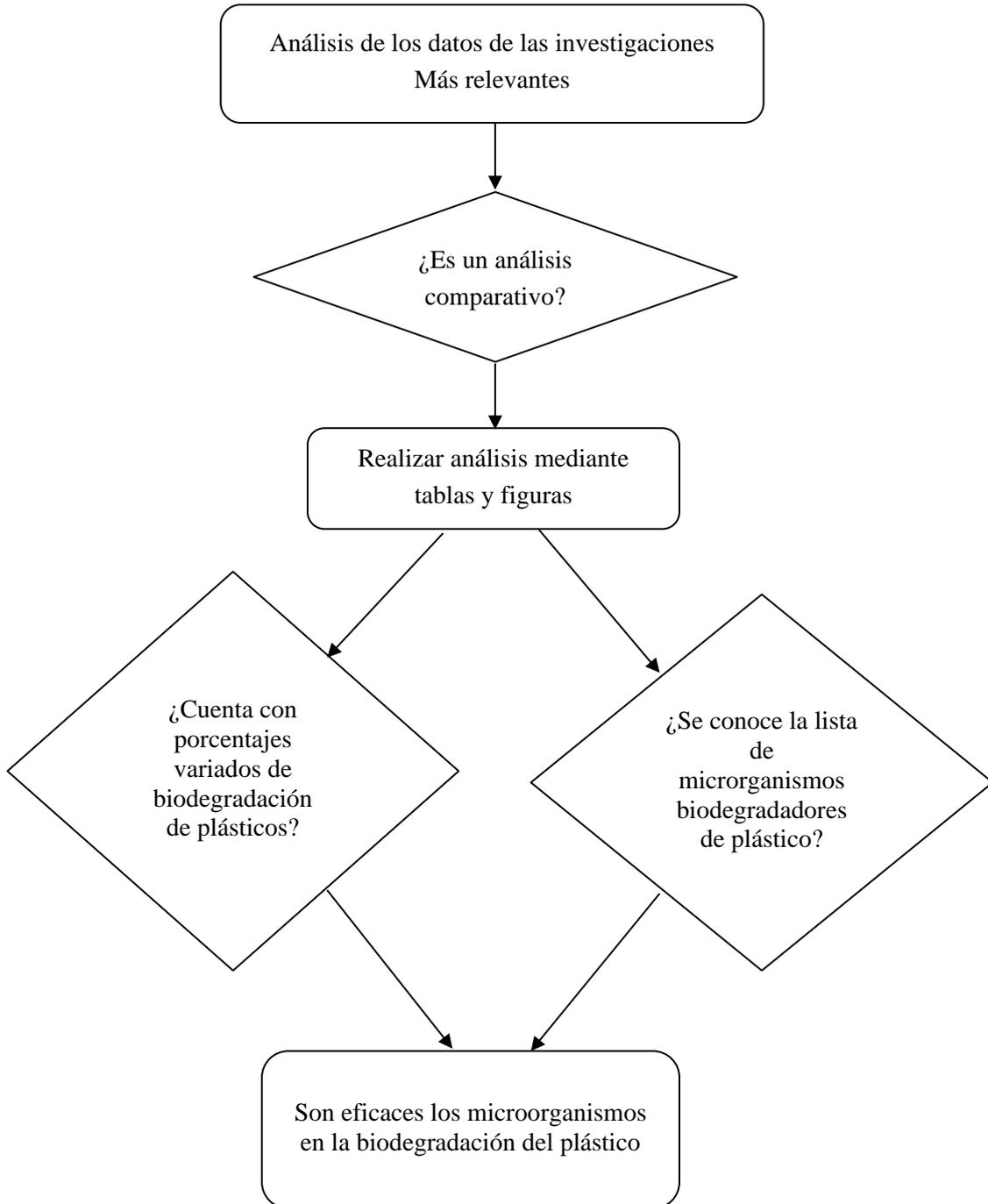
Dibujo 2: Especifica los pasos a seguir en la investigación exploratoria.

2.4. Análisis de datos

En esta etapa se realizó un análisis de los datos más relevantes, para determinar en porcentaje de biodegradabilidad de los plásticos.

Figura 3

Diagrama de análisis de datos



Dibujo 3: El dibujo 3 menciona los pasos a seguir en los análisis de investigación mas relevante.

2.5. Materiales e instrumentos

Para el análisis de la literatura científica se empleó información de plataformas virtuales como Google académico, Redalyc, Scielo y Dialnet acerca de los microorganismos biodegradadores de bioplásticos, implementando técnicas de inclusión y selección de datos a través de datos relevantes en revistas científicas y tesis.

2.6. Procedimiento

Seleccionamos información contenida sobre microorganismos biodegradadores del plástico de los últimos 5 años, en idioma español, se definió el tipo de publicación: libro, artículo, de investigación científica, tecnología, artículo académico, de revisión de reflexión, tesis doctorales eventos académicos.

Selección de fuentes de información:

La búsqueda se realizará revisión de las fuentes de información de los reportes de revistas científicas en habla hispana publicados en: Bases de datos más reconocidas en español, tales como: Scielo, Dialnet y Redalyc; repositorios institucionales y Google académico. La estrategia de búsqueda, se utilizó los descriptores que permita optimizar la búsqueda efectiva de resultados utilizando las siguientes frases: “microorganismos y biodegradación de plásticos al 2022”. Luego, los documentos se analizan para extraer una síntesis de la información correspondiente y clasificarlos. Para sistematizar y analizar la información, se desarrolla una base de datos para la recolección en formato Excel que permitieron registrar y almacenar los datos encontrados para su posterior procesamiento. Seguidamente, se comparan entre sí

con el propósito de identificar las similitudes y diferencias en sus contenidos, lo que permitió reclasificarlas y ordenarlas de acuerdo a la estructura interna del trabajo, Tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 8

Análisis documental de la información

Nº	Título	Autores	Año	Revista o institución	País	Buscador	Tipo de estudio	Idea principal
1	Influencia de factores ambientales del crecimiento microbiano en la degradación de polietileno de baja densidad por bacteria <i>pseudomonas aeruginosa</i> en Huancayo	Karem Yemina Rebeca Gutiérrez Taípe	2018	Universidad continental	Perú	Google Académico	Comparativo	Influencia de factores ambientales de crecimiento microbiano en la degradación de plásticos específicamente polietileno de baja densidad con ayuda de la bacteria <i>Pseudomonas aeruginosa</i>
2	Determinación De La Capacidad Degradativa De Plásticos Por Cinco Especies De Hongos Del Botadero Muyuna	Portella Ruiz, Kateren Victoria	2019	Universidad Nacional Agraria de la Selva	Perú	Google Académico	Experimental	Evaluar las actividades enzimáticas de cinco hongos filamentosos, <i>Geotrichum</i> sp, <i>Aspergillus</i> sp1, <i>Aspergillus</i> sp2, <i>Fusarium</i> sp y <i>Oidium</i> sp., como posibles candidatos para llevar a cabo la biodegradación.
3	Biodegradación de polietileno de baja densidad mediante un consorcio microbiano a condiciones anaerobias y aerobias	De la cruz, Cristina Arone, Alison	2020	Universidad Peruana la Union	Perú	Google Académico	Experimental	Determinar la biodegradación del consorcio de microorganismos para transformar las características físicas y químicas del plástico, de tal forma permite acelerar el proceso de degradación del PEDB en un corto periodo de tiempo.,
4	Evaluación de la degradación de polietileno de baja densidad	Luis Moisés Espinoza Arias	2018	Universidad San Francisco de Quito	Ecuador	Dialnet	Experimental	Investigar muestras de material plástico deteriorado, en la búsqueda de microorganismos con capacidad biodegradaría

mediada por diferentes especies de hongos						sobre el polietileno de baja densidad (PEBD) y evalúa en condiciones controladas su actividad.
<p>Hongos de los géneros <i>Aspergillus</i>, <i>Penicillium</i> y <i>Fusarium</i> presentes en vertederos de la Región de Valparaíso son capaces de biodegradar polietileno de alta densidad (PEAD) proveniente de residuos plásticos agrícolas</p>	Camila Patricia Manzo Contreras	2019 Universidad Católica de Valparaíso	Chile	Google Académico	Experimental	Evaluar la capacidad de hongos recopilados en tres vertederos de residuos urbanos de la región de Valparaíso de biodegradar polietileno de alta densidad, proveniente de residuos plásticos agrícolas.
<p>Biotransformación de polietileno de baja densidad (LDPE) y LDPE oxo-biodegradable empleando <i>Pleurotus ostreatus</i> y residuos lignocelulósicos de pino (<i>Pinus caribaea</i>)</p>	Diana Alejandra Moreno Bayona	2018 PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA	Bogota	Google Académico	Descriptiva	Demostrar la biodegradación de plásticos empleando <i>Pleurotus ostreatus</i> y residuos lignocelulósicos de pino (<i>Pinus caribaea</i>)
<p>Revisión bibliográfica sobre los microorganismos biodegradadores de polietileno de baja densidad y sus efectos en el material</p>	Nelson Ricardo Acuña Molina	2017 Universidad Distrital Francisco José de Caldas	Colombia	Google Académico	Descriptiva	Evaluar la factibilidad de degradar oxo-PEBD previamente oxidado por medio de un proceso controlado de compostaje a pequeña escala, a través de la observación del deterioro y fragmentación de películas plásticas, la disminución de la elongación a la ruptura y el aumento en el índice de carbonilo de las mismas.

8	Capacidad biodegradativa de hongos filamentosos frente al polietileno	Vicky Cristina Gonzales Alcos	2020	Universidad Nacional del Altiplano	Perú	Google Académico	Experimental	biosíntesis y degradación de polihidroxialcanoatos, que son plásticos
9	Biodegradación del polietileno de baja densidad con staphylococcus sp. Aislado del botadero de ascensión – Huancavelica”	Freddy Arotoma Ore; Apaclla Castro, Alex.	2020	Universidad Nacional de Huancavelica	Perú	Google Académico	Experimental	Describe el aislamiento y la actividad biodegradativa del microorganismo sobre el polietileno de baja densidad (LPDE), teniendo como objetivo determinar la degradación del polietileno de baja densidad por <i>Staphylococcus sp.</i>
10	Capacidad de biodegradación de <i>Pseudomonas aeruginosa</i> frente al polietileno de baja densidad	Sandra Beatriz Butrón Pinazo Magali	2020	Universidad Nacional del Altiplano	Perú	Google Académico	Experimental	Evaluar el crecimiento a 2 temperaturas de dos cepas ATCC (American Type Culture Collection) de <i>Pseudomonas sp.</i> N° 9027 y N° 10145, expuestas a polipropileno
11	Una revisión de la biodegradación de plásticos por <i>Pseudomonas</i>	Janbandhu , Callo Franklin Fulekar Arela	2011	Universidad Peruana Unión	Perú	Google Académico	Experimental	Evaluar la capacidad de biodegradación de la <i>Mucor sp.</i> frente al polietileno de baja densidad.

Tabla 8: En esta tabla se ha seleccionado los documentos mas relevantes de la presente investigación.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

Durante los últimos años, se ha incrementado la cantidad de investigaciones que buscan evaluar distintos métodos para la biodegradación del polietileno de baja densidad a mayor velocidad. Para ello, la hipótesis planteada a través de esta investigación incluye la utilización de hongos y/o bacterias como microorganismos aceleradores de la biodegradación del polietileno de baja densidad y su efecto favorable en porcentajes y tiempos de biodegradación.

Tras la recopilación y comparación de investigaciones cuyos objetivos generales se asemejan a los de la presente, se observa que las distintas muestras tomadas presentaron reacciones favorables a la biodegradación del polietileno de baja densidad bajo condiciones controladas, debido a que, en la etapa de aislamiento, se restringe el carbono; por ende, los microorganismos necesitan emplear otra fuente de carbono, como el polietileno. De esta manera, la investigación desarrollada en base a los resultados obtenidos de trabajos experimentales previos permite corroborar la hipótesis de la presente investigación.

A continuación, se comparará, detalladamente, cada una de las investigaciones para el análisis correspondiente y la obtención de resultados cuantitativos y cualitativos. Así mismo, se mostrará la composición del material biológico, su capacidad biodegradativa y la clasificación de microorganismos para determinar su eficacia por género frente a la biodegradación de polietileno de baja densidad.

3.1. Identificación de los efectos de los hongos y bacterias como microorganismos aceleradores en la biodegradación del polietileno de baja densidad en el Perú en los periodos 2016-2021

3.1.1. Investigación N° 01

- **Título:** “Influencia de factores ambientales del crecimiento microbiano en la degradación de polietileno de baja densidad por bacteria *pseudomonas aeruginosa* en Huancayo”
- **Autores:** Karem Rebeca Gutiérrez Taípe
- **Año:** 2018
- **Universidad:** Universidad continental
- **Tipo de documento:** Tesis de grado
- **Resumen:** El objetivo de esta investigación fue determinar la influencia que tienen los distintos factores ambientales de crecimiento microbiano, pH y temperatura sobre la degradación de polietileno de baja densidad por la bacteria *Pseudomona aeruginosa* en Huancayo. El uso de la biotecnología en la aplicación de procesos de tratamiento y remediación con ayuda de microorganismos es una alternativa eficiente y eficaz actualmente. Un claro ejemplo de eso es el potencial que tiene la bacteria *Pseudomona aeruginosa* como agente de biodegradación. A pesar de ser una bacteria patógena para el ser humano, es una excelente alternativa de biodegradación de polietileno de baja densidad bajo condiciones controladas. Tras el estudio realizado en esta investigación, se comprobó que existe una influencia significativa de los factores de crecimiento microbiano, como el pH en el medio de cultivo y la temperatura de incubación, sobre la biodegradación del polietileno de baja densidad. Así mismo, para obtener un registro cuantitativo, se observó que la

biodegradación óptima del polietileno de baja densidad por la bacteria *Pseudomona aeruginosa* se obtuvo a un pH de 8 y una temperatura de 25°C. Con estos resultados, se puede concluir que sí es posible el proceso de biodegradación con la ayuda de microorganismos.

3.1.2. Investigación N° 02.

- **Título:** “Determinación De La Capacidad Degradativa De Plásticos Por Cinco Especies De Hongos Del Botadero Muyuna”
- **Autores:** Portella Ruiz, Kateren Victoria
- **Año:** 2019
- **Universidad:** Universidad Nacional Agraria de la Selva
- **Tipo de documento:** Revista cielo

Resumen

Se aislaron 17 especies fúngicas del suelo del botadero Muyuna. Se logró identificar 5 especies elegidas al azar, siendo: *Geotrichum* sp, *Aspergillus* sp, *Fusarium* sp y *Oidium* sp. La eficiencia de degradación de PEBD para *Geotrichum* sp es 28%, 44% y 18 %, para *Aspergillus* sp es 80%, 34.4% y 18 %, para *Fusarium* sp es 18%, 11.6% y 11 %, y para *Oidium* sp es 68%, 27.6% y 30.6% para las concentraciones 0.01, 0.025 y 0.05 g respectivamente.

3.1.3. Investigación N° 03

- **Título:** “Biodegradación de polietileno de baja densidad mediante un consorcio microbiano a condiciones anaerobias y aerobias”
- **Autores:** Cristina De la Cruz Orihuela, Allisson Arone Valencia
- **Año:** 2020
- **Universidad:** Universidad Peruana la Unión

- **Tipo de documento:** Trabajo de investigación
- **Resumen:** La biodegradación de polietileno de baja densidad a través de microorganismos a condiciones controladas es una buena alternativa de solución frente a la actual problemática ambiental del uso irracional de los objetos plásticos y su resistencia degradativa. La transformación bioquímica de los compuestos ocurrida por la actividad de varias enzimas de microorganismos con capacidad biodegradadora sobre el polímero es usada como fuente de carbono para estos, lo cual implica cambios relevantes en las características del polietileno de baja densidad y, gracias a estos cambios, se disminuyen los períodos prolongados de degradación. El objetivo de esta investigación fue determinar la biodegradación del polietileno de baja densidad mediante consorcios microbianos a condiciones aerobias y anaerobias, como opción viable para la disminución de niveles significativos de contaminación por plásticos. Tras la investigación, se concluyó que la biodegradación a condiciones anaerobias es el método más eficiente debido a que se le proporciona condiciones controladas en el laboratorio.

3.1.4. Investigación N° 04.

- **Título:** “Evaluación de la degradación de polietileno de baja densidad mediada por diferentes especies de hongos”
- **Autores:** Luis Moisés Espinoza Arias
- **Año:** 2018
- **Universidad:** Universidad San Francisco de Quito.
- **Tipo de documento:** Revista Dialnet

Resumen

La acumulación de residuos plásticos como contaminante en diversos ecosistemas de la biósfera ha despertado el interés en estudiar la capacidad de biodegradación de diversos microorganismos frente a estos materiales. En la presente investigación se evaluó la degradación de polietileno de baja densidad (LDPE) con seis especies diferentes de hongos: *Aspergillus sp.*, *Fusarium sp.*, *Cladosporium sp.*, *Trichoderma harzianum*, *Penicillium sp.* y *Pleurotus ostreatus*. El cultivo fúngico con las muestras de plástico se realizó en períodos de 30, 60 y 90 días, en medio mínimo mineral. El LDPE utilizado fue sometido a un tratamiento de envejecimiento térmico antes de ser incubado con los microorganismos. Se registró la masa de las muestras de plástico antes y después del cultivo, donde se encontró una tendencia general al aumento de peso debido a residuos de la masa de hongo y restos de sal cristalizados adheridos a su superficie. Únicamente en las muestras de LDPE tratadas con *Fusarium* se encontró pérdida en peso (0.99% +/- 0.11%), lo cual es un indicio de mayor bioasimilación de plástico por este hongo. Un análisis de espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) reveló que no hubo mayor alteración en la estructura molecular del polímero estudiado. Por su parte, en el análisis de microscopía electrónica de barrido (SEM), se encontró evidencia de actividad metabólica de los hongos, y se pudo confirmar su crecimiento y adherencia a la superficie del plástico

3.1.5. Investigación N° 05.

- **Título:** “Hongos de los géneros *Aspergillus*, *Penicillium* y *Fusarium* presentes en vertederos de la Región de Valparaíso son capaces de biodegradar polietileno de alta densidad (PEAD) proveniente de residuos plásticos agrícolas”
- **Autores:** Camila Patricia Manzo Contreras

- **Año:** 2019
- **Universidad:** Universidad Católica de Valparaíso
- **Tipo de documento:** Experimental.
- **Resumen**

El polietileno de alta densidad es el polímero sintético más utilizado en la agricultura debido a sus múltiples propiedades. Sin embargo, cada año la producción excesiva de este tipo de compuestos xenobióticos ha llevado a altos niveles de acumulación en el medio ambiente debido a su alta resistencia a la degradación. Hasta la fecha ningún proceso de reciclaje permite un manejo eficiente de los desechos de este recurso, por lo tanto para buscar alternativas y tratamientos que resuelvan el problema que causa una actividad humana tan necesaria como lo es la agricultura, se realizó un análisis bibliográfico de los principales avances científicos en biodegradación del polietileno de alta densidad a través de microorganismos, principalmente de hongos de los géneros *Aspergillus*, *Penicillium* y *Fusarium*, para luego proponer una metodología con el objetivo de identificarlos y evaluar la capacidad biodegradante que estos poseen. Además, se busca identificar los principales compuestos que resultan de esta biodegradación, para así proponer técnicas de manejo de residuos de polietileno de alta densidad y hacer frente a los nuevos desafíos que podría llevar al desarrollo de procesos de gestión más sostenible, que implican el reciclaje o reutilización de polímeros como opciones seguras para el medio ambiente y para las industrias agrícolas.

3.1.6. Investigación N° 06

- **Título:** “Biotransformación de polietileno de baja densidad (LDPE) y LDPE oxo-biodegradable empleando *Pleurotus ostreatus* y residuos lignocelulósicos de pino (*Pinus caribaea*)”
- **Autores:** Diana Alejandra Moreno Bayona
- **Año:** 2018
- **Universidad:** PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
- **Tipo de documento:** Trabajo de grado
- **Resumen:** Se busco evaluar la capacidad de *Pleurotus ostreatus* para biotransformar LDPE y LDPE oxo-biodegradable (Oxo: plástico biodegradable traslúcido y OxoC: plástico biodegradable amarillo) previamente sometido a un tratamiento con plasma de O₂ al 100 % en medio Radha modificado a 150 dias en sistema de cámara húmeda. Determinando para el hongo la colonización (mm), producción de pigmentos difusibles (mm), oxidación de ABTS [acido 2,2' azino-bis-(3 etilbenzotiazoline sulfato)] (mm) y actividad enzimatica ligninolítica lacasa, manganeso peroxidasa y lignino peroxidasa (U/kg). Para los LDPE se determinaron cambios en el ángulo de contacto como indicador de disminución en la hidrofobicidad del polímero, rugosidad, grupos funcionales del LDPE así como colonización del mismo. Con lo que fue posible encontrar crecimiento, actividad ligninolítica y cambios del polímero tanto en el LDPE como en el LDPE oxo-biodegradable por parte de *P. ostreatus*. Particularmente, se observó mayor crecimiento de *P. ostreatus* (3876 mm²), actividad enzimática manganeso peroxidasa (512 U/kg), disminución de la hidrofobicidad (67.86%, p.)

3.1.7. Investigación N° 07

- **Título:** “Revisión bibliográfica sobre los microorganismos biodegradadores de polietileno de baja densidad y sus efectos en el material”
- **Autores:** Nelson Ricardo Acuña Molina
- **Año:** 2017
- **Universidad:** Universidad Distrital Francisco José de Caldas
- **Tipo de documento:** Tesis de grado
- **Resumen:** El objetivo de esta investigación fue analizar las técnicas actuales de biodegradación del polietileno de baja densidad, además de estudiar aquellos microorganismos que, naturalmente, lo degradan, y, a partir de los resultados, proponer una metodología viable que permita identificar los microorganismos biodegradadores del polietileno de baja densidad y su eficiencia. Para ello, todos los microorganismos responsables de la degradación del polietileno de baja densidad son aislados e identificados, incluyendo aquellos que no pueden ser cultivados in vitro, y se determina su eficiencia degradadora en todos los entornos, con todas sus condiciones, variables o factores ambientales. Se pudo concluir que entre las técnicas actuales que permiten analizar la biodegradación del polietileno de baja densidad se encontraron 34 técnicas y 28 métodos o pruebas. Como criterios de selección de las técnicas, se eligieron las siguientes características: razonablemente económica, sencilla de utilizar, con resultados confiables y alta versatilidad. Todos estos requisitos son cumplidos por las técnicas siguientes: espectroscopia infrarrojo o FTIR, cromatografía de gases GCMS o líquida HPLC, micro balanza.

3.1.8. Investigación N° 08

- **Título:** “Capacidad biodegradativa de hongos filamentosos frente al polietileno”
- **Autores:** Vicky Cristina Gonzales Alcos
- **Año:** 2020
- **Universidad:** Universidad Nacional del Altiplano
- **Tipo de documento:** Investigación de posgrado
- **Resumen:** El objetivo principal fue determinar la capacidad biodegradativa de los hongos filamentosos frente al polietileno. Esta investigación se realizó a partir del aislamiento de hongos filamentosos en bolsas de polietileno de baja densidad. La identificación taxonómica de hongos filamentosos con capacidad degradativa se realizó en base a características macroscópicas de crecimiento en placa y el estudio microscópico empleando la técnica de micro cultivo en lámina. La mayor actividad de los hongos filamentosos frente al polietileno se realizó con pH :4,5 - 8,0 a 20 °C y 30 °C durante 20 días mediante la técnica de Kavelman y Kendrick. Además, se aisló cinco especies de hongos filamentosos; *Aspergillus Flavus*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus fumigatus*, *Mucor sp.* y *Fusarium sp.* El que demostró mayor masa de crecimiento fue *Aspergillus niger* (64,67 %) seguido de *Aspergillus flavus*, *A.fumigatus* (23 %) *mucor sp* 16,67 % y *fusarium sp.* con 6,7 %. Según las condiciones de pH, *A. flavus* es un buen degradador de polietileno a un pH de 4,5 formando biopelícula gruesa con aspecto gelatinoso y tiene capacidad para adherirse al polietileno a diferencia de *A. niger* que forma biofilm más delgado y, según la temperatura, ambos hongos tienen capacidad biodegradativa a 20 y 30 °C.

3.1.09. Investigación N° 9

- **Título:** “Biodegradación del polietileno de baja densidad con *Staphylococcus sp.* aislado del botadero de ascensión – Huancavelica”
- **Autores:** Fredy Arotoma Ore y Alex Apaclla Castro
- **Año:** 2021
- **Universidad:** Universidad Nacional de Huancavelica
- **Tipo de documento:** Tesis de grado
- **Resumen:** La presente investigación tiene como objetivo describir el aislamiento y la actividad biodegradativa del microorganismo sobre el polietileno de baja densidad, especialmente, por *Staphylococcus sp.* Las bacterias fueron aisladas de polietileno de baja densidad con evidencias de deterioro procedentes del botadero de Ascensión-Huancavelica. El periodo de degradación del polietileno de baja densidad fue de 90 días en tres estufas de convección simple a temperatura de 37, 20 y 15°C. De acuerdo con los resultados, se observa la biodegradación del polietileno de baja densidad por la bacteria *Staphylococcus sp.* a una temperatura de 37 °C, una degradación de 2,16 %; a una temperatura de 20 °C, una degradación de 0,52 % y, finalmente, a una temperatura de 15 °C, una degradación de 0,29 %. Esto indica que, a temperatura de 37°C, el *Staphylococcus sp.* es más eficiente en cuanto a la biodegradación y, a 15 °C, es menos eficiente.

3.1.10. Investigación N° 10

- **Título:** “Capacidad de biodegradación de *Pseudomonas aeruginosa* frente al polietileno de baja densidad”
- **Autores:** Sandra Beatriz Butron Pinazo
- **Año:** 2020
- **Universidad:** Universidad Nacional del Altiplano
- **Tipo de documento:** Tesis de grado
- **Resumen:** La investigación tuvo como objetivo evaluar la capacidad de biodegradación de *Pseudomonas aeruginosa* frente al polietileno de baja densidad; la bacteria fue aislada de residuos plásticos obtenidos del botadero de Cancharani de la ciudad de Puno; la adaptación de la cepa bacteriana se realizó en un medio mineral con partículas de polietileno de baja densidad; Por otro lado, la capacidad biodegradativa se determinó a temperaturas de 25 y 35°C con un pH de 5.0 y 7.0, durante 30 días y se obtuvo como resultado un porcentaje de 21.7% y 27.3% de pérdida de peso respectivamente. Además, se evidenció la viabilidad de la biopelícula con microscopio de fluorescencia. La *Pseudomonas aeruginosa* demostró tener capacidad de biodegradación en un rango de temperatura de 25-35°C.

3.1.11. Investigación N° 11

- **Título:** “Una revisión de la biodegradación de plásticos por *Pseudomonas*”
- **Autores:** Ccallo Arela Magali, Sacaca Masco Franklin
- **Año:** 2020
- **Universidad:** Universidad Peruana Unión
- **Tipo de documento:** Trabajo de investigación

- **Resumen:** Los plásticos no se deterioran con facilidad ni se descomponen u oxidan naturalmente con el transcurrir del tiempo, debido a la gran resistencia mecánica y su composición química de enlaces de carbono; este último genera impactos irreversibles en el ambiente, ocasionando la muerte de animales y la pérdida de fertilidad de los suelos para cultivos. El objetivo de esta investigación es estudiar los mecanismos, métodos y técnicas para la biodegradación de plásticos por *Pseudomonas*. La investigación demuestra que las *Pseudomonas* tienen la capacidad de asimilar los plásticos, convirtiéndolos de polímeros a monómeros. Esta capacidad de asimilación de estos microorganismos se debe a la generación de enzimas, que inician la biodegradación de los polímeros. Los estudios experimentados demuestran que las *Pseudomonas* son capaces de biodegradar los polímeros sintéticos como el polietileno, poliestireno, poliuretano, polipropileno, cloruro de polivinilo, tereftalato de polietileno, entre otros polímeros. Se concluye que la técnica de pérdida de peso es la más factible para su aplicación y el método de microscopía óptica, ya que se puede evidenciar las fragmentaciones y cambios en la estructura de los polímeros sintéticos de manera más sencilla y, de esa forma, acelerar el proceso de degradación.

3.2. Porcentaje de biodegradación del polietileno de baja densidad que se produce aplicando microorganismos aceleradores

Todas las investigaciones estudiadas sobre el efecto de los microorganismos en la biodegradación del polietileno de baja densidad afirman la eficiencia de estos agentes como aceleradores de este proceso. Sin embargo, es importante, también, conocer la información cuantitativa que permita evaluar y escoger la mejor alternativa sobre los

diferentes tipos de microorganismos y el porcentaje de biodegradación que provoca en el polietileno de baja densidad.

Tras la comparación y recopilación de información realizada, se observó que el microorganismo *Pseudomona aeruginosa* es quien encabeza la lista de biodegradadores con una capacidad de 67% de biodegradación de polietileno de baja densidad, seguido por el microorganismo *Pseudomona sp* con un 56.9% de biodegradación.

A continuación, se muestra un gráfico de barras con las especificaciones porcentuales de biodegradación de cada microorganismo estudiado.

Tabla 9

Grafica comparativa sobre la capacidad biodegradativa de Bacterias 2016 al 2021

Microorganismo (Bacteria)	Condiciones	Tiempo	Biodegradación	Referencia	Peso de la muestra
<i>Pseudomona aeruginosa</i>	25°a 45°C, pH5.5 a 7	37 días	80 %	(Gutierrez 2018)	0.5 g
<i>Pseudomona aeruginosa</i>	25°C a 45°C (pH, 5.5-7)	61 días	80 %	(Cruz 2020)	0.5 g
<i>Geotrichum sp.</i>	20°C y 30° pH (4.5,6.5 y 8)	61 días	48%	(Portella 2019)	---
<i>Pseudomonas sp.</i>	40° C	21 días	40.5%	(Acuña 2017)	---
<i>Brevibacillus sp</i>	50° C	21 días	38%	(Acuña 2017)	---
<i>Rhodococcus</i>	40° C	21 días	33%	(Acuña 2017)	---

Tabla 9: Comparación de la biodegradación del polietileno de baja densidad en bacterias (de mayor a menor biodegradación)

Tabla 10

Grafica comparativa sobre la capacidad biodegradativa de Hongos 2016 al 2021

Microorganismo (Hongo)	Condiciones	Tiempo	Biodegradación	Referencia	Peso de la muestra
<i>Aspergillus sp</i>	25°C a 45°C (pH, 4.5-6)	30 días	80 %	(Gutierrez 2018)	0.5 g
<i>Aspergillus sp., Fusarium sp., Cladosporium sp., Trichoderma harzianum, Penicillium sp. y Pleurotus ostreatus</i>	25°C a 45°C (pH, 4.5-6)	61 días	80 %	(Cruz 2020)	0.5 g
<i>Cladosporium sp</i>	25°C a 45°C (pH, 4.5-6)	30 días	48%	(Portella 2019)	---
<i>Fusarium sp</i>	25°C a 45°C (pH, 4.5-6)	30 días	40.5%	(Acuña 2017)	---

<i>Aspergillus niger</i>	20°C y 30°C y pH de 4.5 y 8.0	21 días	38%	(Acuña 2017)	---
<i>Aspergillus sp</i>	20°C y 30° pH (4.5,6.5 y 8)	21 días	33%	(Acuña 2017)	---
<i>Pleurotus ostreatus</i>	36°C pH 4-7	121 días	58.94%	(Moreno 2018)	---
<i>Penicillium sp.</i>	30° C	70 días	55%	(Manzo 2019)	0.5 g
<i>Penicillium sp</i>	25°C a 45°C (pH, 4.5-6)	90 días	50%	(Espinoza 2018)	0.13 g
<i>Pleurotus ostreatus</i>	25°C a 45°C (pH, 4.5-6)	30 días	33%	(Espinoza 2018)	0.13 g
<i>Trichoderma harzianum</i>	25°C a 45°C (pH, 4.5-6)	30 días	25%	(Espinoza 2018)	0.13 g
<i>Aspergillus flavus</i>	20°C y 30°C y pH de 4.5 y 8.0	20 días	23%	(Gonzales 2020)	---

<i>Aspergillus</i>	20°C y 30°C y pH de 4.5 y	20 días	23%	(Gonzales 2020)	---
<i>fumigatus</i>	8.0				
<i>Fusarium ssp</i>	20°C y 30° pH (4.5,6.5 y 8)	61 días	18%	(Portella 2019)	---
<i>Aspergillus niger</i>	35°C	15 días	12.5%	(Acuña 2017)	---
<i>Oidium</i>	20°C y 30° pH (4.5,6.5 y 8)	61 días	11%	(Portella 2019)	---

Tabla 10: Comparación de la biodegradación del polietileno de baja densidad en hongos (de mayor a menor biodegradación)

En la gráfica mostrada anteriormente, se puede visualizar los porcentajes de biodegradación obtenidas por las bacterias y hongos, consorcios microbianos que hayan sido considerados de todas las investigaciones de estudio recopiladas correspondiente para *Pseudomona aeruginosa* 80% (Bacteria), *Aspergillus sp* (Hongo) un 92% lo que corresponde a los niveles mas altos de degradación. Por parte de los microorganismos De los géneros *Rhodococcus* (33%)- bacteria y *Oidium* (11%) – hongo muestran niveles bajos de biodegradación.

3.3. Clasificación de los diferentes microorganismos biodegradadores de polietileno de baja densidad

Los microorganismos biodegradadores de polietileno de baja densidad incluyen distintos hongos, bacterias y consorcios microbianos. Estos se clasifican en los siguientes:

Tabla 11

Géneros de los principales microorganismos degradadores del LDPE

Género (Hongos, bacterias, consorcios microbianos).	Condiciones	Biodegradación	Referencias
Bacterias:			
<i>Pseudomona aeruginosa</i>	25° a 45°C, pH 5.5 a 7, 37 días	80% de 700g	
<i>Geotrichum sp.</i>	20°C y 30° pH (4.5, 6.5 y 8) 2 meses	48%	
<i>Aspergillus sp</i>	20°C y 30° pH (4.5, 6.5 y 8) 2 meses	60%	(Gutierrez 2018)
<i>Fusarium ssp</i>	20°C y 30° pH (4.5, 6.5 y 8) 2 meses	18%	(Portella 2019)
<i>Oidium</i>	20°C y 30° pH (4.5, 6.5 y 8) 2 meses	11%	
<i>Pseudomona aeruginosa</i>	25°C a 45°C (pH, 5.5-7)2 meses	80%	
Hongos:			
<i>Aspergillus sp., Fusarium sp., Cladosporium sp., Trichoderma harzianum, Penicillium sp. y Pleurotus ostreatus</i>	25°C a 45°C (pH, 4.5-6)2 meses	85%	(Gutierrez 2018)
<i>Pycnoporus sanguineus</i>	22°C a 35°C (pH, 5.5-7)6 meses	90%	
<i>Aspergillus sp</i>	25°C a 45°C (pH, 4.5-6)30 días	92%	(Portella 2019)
<i>Fusarium sp</i>	25°C a 45°C (pH, 4.5-6)30 días	75%	(Cruz 2020)

<i>Cladosporium sp</i>	25°C a 45°C (pH, 4.5-6)30dias	84.77%	
<i>Trichoderma harzianum</i>	25°C a 45°C (pH, 4.5-6)30dias	25.00%	
<i>Pleurotus ostreatus</i>	25°C a 45°C (pH, 4.5-6)30dias	33.00%	(Espinoza 2018)
<i>Penicillium sp</i>	25°C a 45°C (pH, 4.5-6)90dias	50.00%	
<i>Penicillium sp.</i>	30°C, 70 dias	55% de 0.5g	
<i>Pleurotus ostreatus</i>	36°C pH 4-7 H 64 %4 meses	58.94%	(Espinoza 2018)
<i>Aspergillus niger</i>	35°C ,15 dias	12.50%	(Manzo 2019)
<i>Brevibacillus sp</i>	50° C, 21 dias	38%	(Moreno 2018)
<i>Pseudomonas sp.</i>	40° C, 21 dias	40.50%	(Acuña 2017)
<i>Rhondococcus</i>	40° C, 21 dias	33%	
<i>Aspergillus flavus</i>	20°C y 30°C y pH de 4.5 y 8.0,20 días	23%	(Manzo 2019)
<i>Aspergillus niger</i>	20°C y 30°C y pH de 4.5 y 8.0,20 días	64.67%	(Moreno 2018)
<i>Aspergillus fumigatus</i>	20°C y 30°C y pH de 4.5 y 8.0,20 días	23.00%	
<i>Mucor sp.</i>	20°C y 30°C y pH de 4.5 y 8.0,20 días	16.67%	(Acuña 2017)
<i>Fusarium sp</i>	20°C y 30°C y pH de 4.5 y 8.0,20 días	6.67%	(Gonzales, 2020)
<i>Staphylococcus</i>	37°C y 90 dias	2.16%	
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	25°C y 35°C, pH 5 y 7 por 30 días	21.7% de 0.024 mg	(Gonzales, 2020)
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	20°C a 40°C, pH 5.5 a 9, 7 días	(Ccallo 2020)	(Arotoma 2021)
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	25°C, pH 7 y 35 días	2.16%	(Butron 2020)

Tabla 11 : especifica los principales microorganismos biodegradadores del LDPA y las condiciones para su crecimiento microbiano

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

A través de la presente investigación, se comprueba que los microorganismos son eficaces en la biodegradación del plástico sobre todo los hongos de los géneros *Aspergillus sp.*, *Fusarium sp.*; y las bacterias de los géneros *Pseudomonas sp.*, *clostridium*, *bacillum sp.*. Según (Ccallo 2020) la biodegradación se evidencia mediante la colonización de bacterias y hongos en la superficie del polímero, dependiendo de los factores como la tensión superficial, porosidad, textura superficial, etc.

Para el *Aspergillus sp.*, el material biológico fue el polietileno; bajo condiciones de 25 y 45°C y pH de 4.5 y 6, en un período de tiempo de 30 días (Espinoza 2018). Por su parte, las bacterias del género *Pseudomonas sp.* mostraron una biodegradación del 80% y que el material biológico fue el fenantreno en condiciones de 26 y 28°C y pH de 7 en un periodo de 14 días en su estudio realizado (Ccallo 2020).

En las investigaciones realizadas y estudiadas como las de (Gutierrez 2018), (Cruz 2020), (Espinoza 2018), (Manzo 2019), entre otros sobre el efecto de los microorganismos en la biodegradación del polietileno de baja densidad afirman la eficiencia de estos agentes como aceleradores de este proceso. Sin embargo, es importante, también, conocer la información cuantitativa que permita evaluar y escoger la mejor alternativa sobre los diferentes tipos de microorganismos y el porcentaje de biodegradación que provocan en el polietileno de baja densidad, ya que ciertos microorganismos como *Rhodococcus* (bacteria) y *Oidium* (Hongo) presentan baja eficiencia en la biodegradación de plásticos con un porcentaje de 33% y 11 %, tal como lo demuestran (Acuña 2017) y (Portella 2019).

. Se pudo determinar que es eficaz en la biodegradación del plástico los hongos de los géneros *Aspergillus niger*, *Fusarium sp.*; bacterias de los géneros *Pseudomonas sp.*,

clostridium, *bacillum* sp. Para el *Aspergillus niger*, el material biológico fue el polietileno bajo condiciones de 20 y 30°C y pH de 4 y 8.00 en un período de tiempo de 60 días (Gonzales 2020). Por su parte, las bacterias del género *Pseudomonas* sp mostraron una biodegradación del 56.9% y que el material biológico fue el fenantreno en condiciones de 26 y 28°C y pH de 7 en un periodo de 14 días en su estudio realizado (Ccallo 2020). Del mismo modo, en el estudio de (Gutierrez 2018), el porcentaje de biodegradación fue 67% a 20° - 40°C y pH de 5 a 9 en un periodo de 7 días degradando, eficientemente, el polietileno de baja densidad. Sin embargo, no solo las bacterias son las responsables de la biodegradación, también se utiliza la enzima Amidasa para biodegradar el poliuretano (PU) en condiciones de 37°C, con pH 7 en un periodo de 51 días mostrando una eficiencia de biodegradación del 33 % (Ccallo 2020).

Por otro lado, la literatura refiere que la biodegradación es un proceso natural en el que se descompone un material en dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), agua (H₂O) y constituyentes orgánicos a causa de la acción enzimática de los microorganismos (Ccallo 2020). Así mismo, en (Butron 2020), mencionan que la biodegradación es la asimilación de los polímeros por los organismos vivos y, de acuerdo con (Ccallo 2020), la biodegradación se evidencia mediante la colonización de bacterias y hongos en la superficie del polímero, dependiendo de los factores como la tensión superficial, porosidad, textura superficial, etc.

También, Speight – 2011 afirma que la biodegradación se debe a la alteración de la estructura física y/o química de la cadena del polímero que, a su vez, minimiza el peso molecular del polímero. Estos cambios se producen, principalmente, por el efecto de factores en la composición de los polímeros. Una manera simple y rápida de evaluar la biodegradación de los polímeros es a través de la determinación de la pérdida de peso, el cual es detectado sobre dicho polímero, el mismo que muestra deterioro en su integridad,

producto de un ataque microbiano; Vertus *et al.*, 2017 (Ccallo 2020). Por su parte, Sha y Fariha, - 2018 afirma que las bacterias, ya sea por acción individual o colonias, son enzimas y las causantes directas e indirectas de la oxidación biótica de los plásticos estas son secretadas por las células microbianas, las cuales catalizan la formación de una o varias reacciones en la superficie como la oxidación, reducción, hidrolisis y esterilización. Sin embargo, a pesar de que tanto bacterias como hongos degradan los bioplásticos por acción enzimática, las bacterias muestran marcada diferencia en la biodegradación (*Pseudomonas aeruginosa* 67%); esto es debido a que las bacterias tienen un comportamiento aeróbico como también anaeróbico, la acción anaeróbica es limitante para los hongos. Los microorganismos del género *Pseudomonas* son bacilos Gram negativos, aerobios, oxidasa positivos con una cierta facilidad de adaptación que les permite adecuarse al hábitat donde se encuentren para hacer uso de diferentes fuentes como el carbono y el nitrógeno para su nutrición según Fernández – 2012 (Ccallo 2020). Las bacterias también se desarrollan en marcados rangos de temperatura

2 °C a 42 °C debido a su capacidad de adaptación en el medio ambiente.

4.2. Conclusiones

La comparación bibliográfica entre hongos y bacterias como microorganismos aceleradores en la biodegradación del polietileno de baja densidad, demuestra que los hongos del género *Aspergillus sp.*, son quienes presentan mayor biodegradación (92%) con un tiempo de 30 días frente a las bacterias con mayor porcentaje en biodegradación *Pseudomona aeruginosa* (80%), con un tiempo de 37 días, esto debido que los hongos del género *Aspergillus sp.*, presentan enzimas hidrófobas que facilitan la degradación de plásticos.

El porcentaje de biodegradación del polietileno de baja densidad que se produce aplicando microorganismos aceleradores es mayor en los hongos que en las bacterias demostrando que los hongos degradan el polietileno en un tiempo de 30 días una eficiencia de 90% con respecto a las bacterias 37 días y eficacia del 80%, esto debido a que los hongos pueden tener una mejor capacidad biodegradativa durante los primeros meses, debido a su capacidad de tolerancia a las condiciones extremas de pH, temperatura y humedad. Sin embargo, las bacterias pueden llegar a mejorar los niveles de degradación a largo plazo, una vez que se adapten a las condiciones del entorno y llegan a su máximo nivel de crecimiento

Se realizó el análisis y clasificación de los microorganismos biodegradadores de polietileno de baja densidad según su clase, orden, especie y genero diferenciando los microorganismos del reino funghi(hongos) con características de ser eucariotas, pueden ser unicelulares o pluri celulares de 2 micras a medir metros, presentan núcleo, su reproducción es asexual, fragmentación, gemación o esporulación; presentan gametos femeninos y masculinos; por otra parte el reino bacteria son unicelulares, de célula procariota, no presentan núcleo, miden de 0.2 a 2 micras máximo, se reproducen por bipartición o fisión binaria .

REFERENCIAS

- Acuña. 2017. “Revisión Bibliografica Sobre Los Microorganismos Biodegradadores de Polietileno de Baja Densidad y Sus Efectos En El Material.” UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS.
<https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/5608/Acu%F1aMolinaNelsonRicardo2017.pdf?sequence=1>.
- Arotoma. 2021. “Bidegradación Del Polietileno de Baja Densidad (LDPE) Con Staphylococcus Sp Aislado Del Botadero de Ascención -Huancavelica.” UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA.
- Butron. 2020. 9 Revista De Investigaciones De La Escuela De Posgrado “Capacidad de Biodegradación de Pseudomonas Aeruginosa Frente Al Polietileno de Baja Densidad.” UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO.
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/13475>.
- Ccallo. 2020. 0 Universidad Peruana Unión “Una Revisión de La Biodegradación de Plásticos Por Pseudomonas.” UNIVERSIDAD PERUANA UNION.
- Chunga. 2017. “Biodegradación de Poliestireno Utilizando Microorganismos Presentes En El Humus de Lombriz Durante Los Meses, Octubre-Diciembre.” UNIVERSIDAD DE LAMBAYEQUE.
- Cruz, De la. 2020. “Biodegradación de Polietileno de Baja Densidad Mediante Un Consorcio Microbiano a Condiciones Anaerobias y Aerobias.” UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN.
https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/3219/Cristina_Trabajo_Bachiller_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Espinoza. 2018. “Evaluación de La Degradación de Polietileno de Baja Densidad Mediada Por Diferentes Especies de Hongos.” UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ.
- Gonzales. 2020. “Capacidad Biodegradativa de Hongos Filamentosos Frente Al Polietileno.” 9(3): 1792–1804. <http://dx.doi.org/10.26788/riepg.2020.3.191>.
- Guerrero. 2008. “Esperanza Ambiental - Bacterias Contra El Poliuretano.” : 10.
- Gutierrez. 2018. Universidad Continental “Influencia de Factores Ambientales de Crecimiento Microbiano En La Degradación de Polietileno de Baja Densidad Por La

- Bacteria Pseudomona Aeruginosa En Huancayo.” Universidad Continental.
<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/4507>.
- Gutiérrez. 2019. “Biodegradación Del Polietileno de Baja Densidad Utilizando Hongos, Bacterias y Consorcios Microbianos Aislados Del Botadero Municipal de Tacna.” UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA.
<http://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/UPT/1269/1/Gutierrez-Alvarez-Ana.pdf>.
- Guzmán. 2018. “Las Leyes En El Perú Que Se Rigen Sobre Los Plásticos.” *Revista de la Sociedad Química del Perú* 84(3): 275–77.
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2018000300001.
- Hernández. 2020. “Data Collection Techniques and Instruments.” *Boletín Científico de las Ciencias Económico Administrativas del ICEA* 9(17): 51–53.
<https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icea/article/view/6019/7678%0A%0A>.
- López. 2015. 1º edición Dipóst digital de la Universidad Autónoma de Barcelona *Metodología de La Investigación Social Cuantitativa, Primera Edición Digital*.
<http://ddd.uab.cat/record/129382>.
- Manzo. 2019. “Hongos de Los Géneros Aspergillus, Penicillium y Fusarium Presentes En Vertederos de La Región de Valparaíso Son Capaces de Biodegradar Polietileno de Alta Densidad (PEAD) Proveniente de Residuos Plásticos Agrícolas.” PONTIFICA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO.
- Meza. 2013. Escuela politecnica del ejercito “Biodegradabilidad de Polietileno Tereftalato y de Oxopolietileno, a Nivel de Laboratorio, Por La Acción de Bacterias Nativas Presentes En Humus de Lombriz, Caballo y Gallina.” ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO DEPARTAMENTO.
- Moreno. 2018. “Biotransformación de Polietileno de Baja Densidad (LDPE) y LDPE Oxo-Biodegradable Empleando Pleurous Ostreatus y Residuos Lignocelulósicos de Pino (Pinus Caribaea).” PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA.
- Mostajo. 2021. “Efectividad de Micromycetos En La Degradación de Polietileno Aislados de Botaderos de La Provincia de Cusco 2018.” UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA.

- Portella. 2019. Facultad De Zootecnia “Determinación de La Capacidad Degradativa de Plásticos Por Cinco Especies de Hongos de Botadero Muyuna.” UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES.
http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1625/TS_HRP_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Raymundo. 2017. “Modelo de Tratamiento de Aguas Residuales Mediante Humedal Artificial de Flujo Superficial En El Centro Poblado La Punta - Sapallanga.” : 193.
- Roncal. 2004. “Principios de Fitopatología Andina.” (Abril).
- Terán. 2017. “Estudio de La Biodegradabilidad Aeróbica de Polietileno de Alta Densidad Mediante Compostaje Con Aditivos Degradables.” PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS “Estudio.
- Tolentino. 2012. “Ventajas y Desventajas de Los Plásticos Degradables Para Su Aplicación En La Agricultura Sustentable o Ecológica.” CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN QUÍMICA APLICADA.
- Un análisis de los datos sobre producción, demanda y residuos de plásticos en Europa. 2019. “Plásticos – Situación En 2019.” *Plastic Europe*.
<https://www.plasticseurope.org/es/resources/publications/2511-plasticos-situacion-en-2019>.
- Uribe. 2011. “Biodegradación de Polietileno de Baja Densidad Por Acción de Un Consorcio Microbiano Aislado de Un Relleno Sanitario, Lima, Perú.” *Revista Peruana de Biología* 17(1): 133–36.
- Velasco. 2017. Universidad César Vallejo “Biodegradación Del Polietileno de Baja Densidad, Mediante El Uso Del Lepidóptero Gallería Mellonella Bajo Condiciones Térmicas Controladas En El 2017.” Universidad César Vallejo.
http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/12614/Velasco_UMJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Yepes. 2021. “Una Guía Actualizada Para La Publicación de Revisiones Sistemáticas.” *Revista Espanola de Cardiologia* 74(9): 790–99.

ANEXOS

Busqueda de información usando la ecuación “microorganismos and polietileno de baja densidad”

 <p>Access Physiotherapy</p> <p>Base de datos que brinda diversos recursos de información especializados en Fisioterapia.</p> <p>Ir al sitio web</p>	 <p>Access Engineering</p> <p>Base de datos que brinda diversos recursos de información especializados en Ingeniería.</p> <p>Ir al sitio web</p>	 <p>Science Direct</p> <p>Acceso a revistas especializadas a texto completo de temas relacionados a Ingeniería, Negocios, Administración y Contabilidad.</p> <p>Ir al sitio web</p>
 <p>Scopus</p> <p>Base de resúmenes y citas de literatura científica revisada por pares, patentes y fuentes web de calidad, importante para la investigación.</p> <p>Ir al sitio web</p>	 <p>Acland Video Atlas de Anatomía Humana</p> <p>Acceso a videos de Anatomía Humana, mostrando y explicando el movimiento anatómico dentro de cada región del cuerpo.</p> <p>Ir al sitio web</p>	 <p>Macroconsult</p> <p>Brinda información sobre la economía y el clima de negocios del Perú y a nivel internacional.</p> <p>Ir al sitio web</p>
 <p>ADEX DATA TRADE – ADT</p> <p>Base de datos relacionada al Comercio Exterior. Contiene información como: Estadísticas, Oportunidades de mercado, Rankings sectoriales, Acuerdos comerciales, etc.</p> <p>Ir al sitio web</p>	 <p>ARCHITECTURE OPEN LIBRARY</p> <p>Plataforma digital que permite el acceso online a un completo fondo editorial sobre temas de arquitectura y diseño. Libros, videos y conferencias organizadas y categorizadas por temas.</p> <p>Ir al sitio web</p>	 <p>Tirant lo Blanch</p> <p>Fondo doctrinal jurídico y de áreas afines, compuesto de más de 8,000 títulos de libros, enciclopedias, Textos Legales, Monografías, Formularios, Tratados, Comentarios Legislativos, colecciones de Monografías. Además, permite el acceso a más de 180 revistas indexadas.</p> <p>Ir al sitio web</p>


ScienceDirect
Revistas y libros
?

[Registrarse](#)
[Registrarse](#)

Encuentra artículos con estos términos



Búsqueda Avanzada

18 results

[Establecer alerta de búsqueda](#)

Refinar por:

Años

- 2020 (1)
- 2019 (1)
- 2018 (1)

Mostrar más 

Tipo de artículo 

- Artículos de revisión (3)
- Artículos de investigación (7)
- Capítulos de libros (4)

 Download selected articles [Export](#)

sorted by *relevance* | *date*

Research article

1 **Exposición laboral a hongos y bacterias ambientales en una planta de selección de residuos de envases**
 Revista Iberoamericana de Micología, June 2007, ...
 Xavier Solans, Rosa María Alonso, ... Alfonso Mansilla
[Abstract](#) [Export](#)

Research article ● Open access

2 **Estimación de la biomasa fúngica en un suelo del sudoeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina) con una tinción directa con blanco de calcoflúor**
 Revista Argentina de Microbiología, July–September 2016, ...
 María B. Vázquez, Martín R. Amodeo, María V. Bianchinotti
[Download PDF](#) [Abstract](#) [Extracts](#) [Export](#)

Get a personalized search experience
 Recommendations, reading history, search & journals alerts, and more.

Activar Windows
 Ve a Configuración para activar Windows.
 Realimentación