



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

Biodegradación de bolsas de polietileno (PEBD) por acción del  
*Aspergillus sp* y *Penicillium sp* usando un prototipo de biorreactor airlift

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Ambiental

**AUTORES:**

Choquehuanca Chinguel, Yonatan ([orcid.org/0000-0003-1002-3428](https://orcid.org/0000-0003-1002-3428) )

Sandoval Cervera, Migueli ([orcid.org/0000-0001-6148-3868](https://orcid.org/0000-0001-6148-3868) )

**ASESOR:**

Dr. Ponce Ayala, José Elías ([orcid.org/0000-0002-0190-3143](https://orcid.org/0000-0002-0190-3143))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Tratamiento y Gestión de los Residuos

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

**CHICLAYO — PERÚ**

**2023**

## DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico a mi padre Teodolfo Choquehuanca Camizán, por enseñare a ser perseverante a no desmallar jamás cuando se quiere lograr un objetivo; a mi madre Bernardina Chinguel Moreno, por su amor incondicional, su apoyo y todo el esfuerzo que han hecho diariamente en conjunto con mi padre para poder educarme y lograr mi meta.

*Yonatan*

Este trabajo va dedicado a mis padres Soledad Cervera Bazán y Segundo Manuel Sandoval Garrido por brindarme el apoyo incondicional diariamente para poder cumplir con mi meta trazada que es ser un buen profesional de éxito.

*Migueli*

## AGRADECIMIENTO

En primer lugar, dar gracias a Dios por la vida, por guiar mi camino siempre y haberme permitido llegar hasta esta etapa de mi vida. A toda mi familia, principalmente a mis padres, Bernardina y Teodoro, también a mi tía Ana por ser mi motor y motivo de terminar mis estudios. A mis hermanos, Cruz, Yovani, Dilmer, José y Omar, a mis abuelos, María Rafaela, Nicolas y Alejandrina, también a Arminda; por todo el amor que les tengo y por ser mi motivación en todo este camino de mi vida. También agradecer infinitamente a la Universidad César Vallejo filial Chiclayo por darme la facilidad del uso de laboratorio.

*Yonatan*

A mi familia, por el apoyo brindado en mi aprendizaje como profesional, y conocidos gracias por haber realizado un pequeño aporte en los últimos cinco años, los cuales han sido muy fructíferos para mí, ya que de esta manera he adquirido mucho conocimiento y confianza, todo con el fin de hoy poder estar a un paso de ser ingeniero ambiental de éxito.

*Migueli*

## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, PONCE AYALA JOSE ELIAS, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, asesor de Tesis titulada: "Biodegradación de bolsas de polietileno (PEBD) por acción del Aspergillus sp y Penicillium sp usando un prototipo de biorreactor airlift", cuyos autores son SANDOVAL CERVERA MIGUELI, CHOQUEHUANCA CHINGUEL YONATAN, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 12.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

CHICLAYO, 16 de Noviembre del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
PONCE AYALA JOSE ELIAS DNI: 16491942 ORCID: 0000-0002-0190-3143	Firmado electrónicamente por: PAYALAJE el 17-11- 2023 12:28:06

Código documento Trilce: TRI - 0654857



# DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DE LOS AUTORES



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

## Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, SANDOVAL CERVERA MIGUELI, CHOQUEHUANCA CHINGUEL YONATAN estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Biodegradación de bolsas de polietileno (PEBD) por acción del *Aspergillus sp* y *Penicillium sp* usando un prototipo de biorreactor airlift", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

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

Nombres y Apellidos	Firma
MIGUELI SANDOVAL CERVERA DNI: 75713582 ORCID: 0000-0001-6148-3868	Firmado electrónicamente por: SSANDOVALCE el 16-11-2023 21:36:58
YONATAN CHOQUEHUANCA CHINGUEL DNI: 70918643 ORCID: 0000-0003-1002-3428	Firmado electrónicamente por: CCHOQUEHUANCACH el 16-11-2023 12:17:58

Código documento Trilce: TRI - 0654856

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>DEDICATORIA</b> .....	ii
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	iii
<b>DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR</b> .....	iv
<b>DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DE LOS AUTORES</b> .....	v
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS</b> .....	vi
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	vii
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	viii
<b>RESUMEN</b> .....	xi
<b>ABSTRACT</b> .....	xii
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II. MARCO TEÓRICO</b> .....	4
<b>III. METODOLOGÍA</b> .....	15
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	15
3.2. Variable y Operacionalización .....	15
3.3. Población, muestra y muestreo .....	16
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	16
3.5. Procedimientos .....	17
3.6. Método de análisis de datos.....	41
3.7. Aspectos éticos .....	41
<b>IV. RESULTADOS</b> .....	42
<b>V. DISCUSIÓN</b> .....	58
<b>VI. CONCLUSIONES</b> .....	62
<b>VII. RECOMENDACIONES</b> .....	63
<b>REFERENCIAS</b> .....	64
<b>ANEXOS</b> .....	72

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 01.</b> <i>Descripción de algunas especies del género Aspergillus</i> .....	12
<b>Tabla 02.</b> <i>Taxonomía del Aspergillus niger</i> .....	13
<b>Tabla 03.</b> <i>Tipo de polímero, características, cantidad rotas y no rotas de las bolsas de polietileno (PEBD)</i> .....	44
<b>Tabla 04.</b> <i>Medio de cultivo, muestra, tiempo, temperatura e incubación de Aspergillus sp.</i> .....	45
<b>Tabla 05.</b> <i>Color y características microscópicas del Aspergillus sp observadas mediante un lente de 40X de un microscopio en el laboratorio de LDP Perú.</i> .....	46
<b>Tabla 06.</b> <i>Medio de cultivo, muestra, tiempo, temperatura e incubación de Penicillium sp.</i> .....	48
<b>Tabla 07.</b> <i>Color y características microscópicas del Penicillium sp observadas mediante un lente de 40X de un microscopio en el Laboratorio de LDP Perú.</i> .....	49
<b>Tabla 08.</b> <i>Características del prototipo de biorreactor airlift a escala de laboratorio.</i> .....	51
<b>Tabla 09.</b> <i>Condición térmica de cada unidad del prototipo de biorreactor airlift</i> ....	54
<b>Tabla 10.</b> <i>Potencial de hidrógeno (pH) inicial y final de cada unidad del prototipo de biorreactor airlift</i> .....	55
<b>Tabla 11.</b> <i>Resultados de la biodegradación en de cada unidad del prototipo de biorreactor airlift</i> .....	57

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 01.</i> Ubicación del área de recolección de la muestra experimental. ....	17
<i>Figura 02.</i> Recolección de bolsas de polietileno (PEBD) .....	18
<i>Figura 03.</i> Muestra de bolsas de polietileno (PEBD) en bolsa ziploc rotulada. ....	18
<i>Figura 04.</i> Ubicación del área de esterilización de bolsas de polietileno (PEBD)..	19
<i>Figura 05.</i> Selección y lavado de las bolsas de polietileno (PEBD). ....	20
<i>Figura 06.</i> Guardado de las bolsas de polietileno (PEBD) en recipiente de vidrio con alcohol.....	20
<i>Figura 07.</i> Recolección de muestra con presencia de <i>Aspergillus sp</i> de la PVR SOMPC.....	21
<i>Figura 08.</i> Área de ubicación del laboratorio LDP Perú. ....	21
<i>Figura 09.</i> Esterilización de placas Petri en esterilizador y autoclave. ....	22
<i>Figura 10.</i> Medio de cultivo PDA y pesado de medio de cultivo PDA en gramos..	22
<i>Figura 11.</i> Placas Petri en cámara de flujo laminar .....	23
<i>Figura 12.</i> Placas Petri en horno de laboratorio. ....	23
<i>Figura 13.</i> Recolección de muestra con presencia de <i>Penicillium sp</i> de la PVR SOMPC.....	24
<i>Figura 14.</i> Área de ubicación del laboratorio LDP Perú .....	24
<i>Figura 15.</i> Esterilización de placas Petri en esterilizador y autoclave. ....	25
<i>Figura 16.</i> Medio de cultivo PDA y pesado de medio de cultivo PDA en gramos..	25
<i>Figura 17.</i> Placas Petri en cámara de flujo laminar .....	26
<i>Figura 18.</i> Inoculación del <i>Penicillium sp</i> en placa Petri.....	26



<i>Figura 19.</i> Placas Petri en horno de laboratorio .....	27
<i>Figura 20.</i> Placa Petri con el <i>Aspergillus sp.</i> .....	28
<i>Figura 21.</i> Características microscópicas del <i>Aspergillus sp.</i> .....	29
<i>Figura 22.</i> Placa Petri con el <i>Penicillium sp.</i> .....	30
<i>Figura 23.</i> Características microscópicas del <i>Penicillium sp.</i> .....	31
<i>Figura 24.</i> Placas Petri de cepa de <i>Aspergillus sp</i> y <i>Penicillium sp</i> en horno de laboratorio a 30 °C.....	32
<i>Figura 25.</i> Esterilización de los frascos con caldo nutritivo. ....	33
<i>Figura 26.</i> Verificación de cada unidad de P. biorreactor airlift para evitar fugas de aire. ....	34
<i>Figura 27.</i> Frascos con caldo nutritivo en campana de extracción.....	34
<i>Figura 28.</i> Muestra de 100 ml de caldo nutritivo bajado a pH de 5. ....	35
<i>Figura 29.</i> Concentración de dosis de inóculos de <i>Aspergillus sp</i> y <i>Penicillium sp.</i> .....	36
<i>Figura 30.</i> Inóculos de concentración de 20 ml con <i>Aspergillus sp</i> y 20 ml con <i>Penicillium sp.</i> .....	37
<i>Figura 31.</i> Frasco de vidrio previamente inoculados con enturbiamiento.....	37
<i>Figura 32.</i> Selección de la bolsa de polietileno a usar para cada unidad de prototipo airlift.....	38
<i>Figura 33.</i> Diagrama del procedimiento para la biodegradación de las bolsas de polietileno (PEBD). ....	40
<i>Figura 34.</i> Área de estudio. ....	42
<i>Figura 35.</i> Recolección de la muestra en el área de estudio y rotulado de la bolsa ziploc. ....	43

<i>Figura 36.</i> Separación de las bolsas de polietileno (PEBD).....	43
<i>Figura 37.</i> Lavado de bolsas de polietileno (PEBD) y guardado en recipiente de vidrio con alcohol.....	44
<i>Figura 38.</i> Recolección de un trozo de naranja con presencia del <i>Aspergillus sp.</i>	45
<i>Figura 39.</i> Características microscópicas del <i>Aspergillus sp.</i> .....	47
<i>Figura 40.</i> Recolección de un limón con presencia del <i>Penicillium sp.</i> .....	48
<i>Figura 41.</i> Características microscópicas del <i>Penicillium sp.</i> .....	50
<i>Figura 42.</i> Cantidad del caldo nutritivo y previo acondicionamiento del prototipo de biorreactor airlift.....	51
<i>Figura 43.</i> Colocación de bombas de aire de pecera. ....	52
<i>Figura 44.</i> Inoculación de cepas de <i>Aspergillus sp</i> y <i>Penicillium sp.</i> .....	52
<i>Figura 45.</i> Selección de una bolsa de polietileno (PEBD) y su pesado en una balanza analítica. ....	53
<i>Figura 46.</i> Pesado inicial de cada parte de la bolsa de polietileno (PEBD).....	53
<i>Figura 47.</i> Prototipo de biorreactor airlift con cada parte de la bolsa de polietileno (PEBD).....	54
<i>Figura 48.</i> Pesado final de cada parte de la bolsa de polietileno (PEBD). ....	56
<i>Figura 49.</i> Biodegradación de las 4 partes divididas de la bolsa de polietileno (PEBD).....	57

## RESUMEN

La problemática actual por los residuos plásticos es muy preocupante a nivel mundial, ya que, la industrialización ha traído consecuencias en nuestro medio ambiente. Por ello, esta investigación tuvo como objetivo determinar la eficacia de biodegradación de bolsas de polietileno (PEBD) por acción del *Aspergillus sp* y *Penicillium sp* usando un prototipo de biorreactor air lift. Para ello, se consideró como muestra 88 bolsas de polietileno PEBD, donde se utilizó como unidad de análisis 1 bolsa de polietileno PEBD, la cual fue dividida en 4 partes. En cuanto al proceso de biodegradación se aisló 2 especies de hongo, *Aspergillus sp* de un trozo de naranja y *Penicillium sp* de un limón, ambos cítricos en descomposición respectivamente. Luego, fueron cultivados en el prototipo de biorreactor airlift, utilizando un caldo nutritivo acondicionado con un pH de 5 a 6; temperatura entre 20 °C a 25 °C y una fuente aireación de pecera. Con respecto a los resultados, ambos hongos lograron biodegradar las partes de PEBD en un periodo de 9 días, donde se evidenció que el *Aspergillus sp* tiene mayor eficacia de biodegradación con valores del 10 % y 15 %, a comparación del *Penicillium sp* que tuvo valores 6%.

**Palabras clave:** Biodegradación, polietileno de baja densidad, *aspergillus sp*, *penicillium sp*.

## ABSTRACT

The current problem of plastic waste is of great concern worldwide, since industrialization has had consequences on our environment. Therefore, the objective of this research was to determine the biodegradation efficiency of polyethylene bags (LDPE) by the action of *Aspergillus sp* and *Penicillium sp* using an air lift bioreactor prototype. For this purpose, 88 LDPE polyethylene bags were considered as a sample, where 1 LDPE polyethylene bag was used as the unit of analysis, which was divided into 4 parts. Regarding the biodegradation process, 2 species of fungus were isolated, *Aspergillus sp* from a piece of orange and *Penicillium sp* from a lemon, both decomposing citrus fruits respectively. Then, they were cultured in the prototype airlift bioreactor, using a nutrient broth conditioned with a pH of 5 to 6; temperature between 20 °C to 25 °C and a fish tank aeration source. Regarding the results, both fungi were able to biodegrade the LDPE parts in a period of 9 days, where it was evidenced that *Aspergillus sp* has a higher biodegradation efficiency with values of 10 % and 15 %, compared to *Penicillium sp* which had values of 6 %.

**Keywords:** Biodegradation, Low density polyethylene, *Aspergillus sp*, *Penicillium sp*.

## I. INTRODUCCIÓN

Las diferentes actividades del hombre generan cantidades considerables de residuos plásticos (RP) y es un problema que tiene efectos negativos en mares, ríos, aire, suelo y se requiere acciones para minimizar sus efectos, dado que el 60% de los RP terminan en vertederos o entornos naturales, aunque se estima que 11 millones de toneladas de RP son vertidas anual a los océanos, por otra parte, en el Perú más del 35% de RP no tienen una buena disposición, el 58% de RP en rellenos municipales es de un solo uso y solo el 9% RP se recicla (MINAM, 2021).

Los residuos sólidos al no ser dispuestos adecuadamente repercuten negativamente en el ambiente mediante la interacción de los residuos orgánicos e inorgánicos (Henríquez, 2015). Los residuos plásticos con residuos vegetales o solo residuos plásticos expuestos a las condiciones del ambiente se vuelve un problema para la población y la biodiversidad, por ejemplo, la afectación en el crecimiento y producción de oxígeno (O) en bacterias marinas del género *Prochlorococcus*, el cual producen el 10% de O que aporta al aire que respiramos (Tetu et al., 2019).

Por otra parte, a medida que el hombre ha desarrollado sus actividades de vida hacia un mundo industrializado, se han acrecentado la producción de los plásticos, originando consecuencias en nuestro medio ambiente. El consumo insostenible de la población ha traído consigo la mayor demanda de alimentos y bienes, generando exorbitantes cantidades de residuos orgánicos (vegetales y animales) e inorgánicos (zapatos, botellas, etc.) y el excesivo uso de bolsas de polietileno (PEBD) cuya finalidad es ser medio de transporte de los alimentos, y bienes, pero luego de ser usadas no se le da otra utilidad y son arrojadas en las calles (Sailema, 2019).

La radiación, temperatura y el tiempo de exposición son factores que desintegran el plástico, pero es muy lenta la degradación (Mohan et al., 2020), tomando en cuenta a las bolsas de polietileno (PEBD) – (150 años en degradarse) que se encuentran en las calles y lentamente generan material particulado (PM) – microplástico (MCP), el MCP al ser muy pequeño y estar expuesto en las calles se volatiliza por el aire, y es inhalado por las personas.

Algunos plásticos son fáciles de reciclar, como las botellas plásticas, pero en el caso de las bolsas de polietileno es diferente, por ser de polietileno su estructura es blanda y fibrosa, al momento de pasar por las maquinas procesadoras de reciclaje se terminan enredando, por lo que es complicado reciclarlas y se requiere de máquinas de alta tecnología, aunque también resulta complejo el proceso y el costo es 100 veces más que su fabricación, por otra parte, las cantidades exorbitantes de bolsas de polietileno dispuestas en vertederos o si son incineradas no son una solución al problema.

Los componentes ambientales (suelo, agua, aire y biodiversidad) por la presencia de bolsas plásticas cada vez se perjudican más, esto se debe a que su composición química proviene de derivados del petróleo y aditivos químicos, de este modo la producción en exceso de bolsas plásticas y al no ser dispuestas de manera correcta provocan efectos negativos como; pérdida de calidad de los suelos, pérdida de la calidad del aire, propagación de enfermedades, emisión de gases de efecto invernadero, muerte por ingesta en especies marinas, disminución del oxígeno, contaminación de los acuíferos y cuerpos de agua superficial.

En la desintegración de las bolsas plásticas, los microplásticos (MCP) se incorporan en el organismo humano, esto mediante la volatilización del MCP por el aire que termina siendo inhalado por las personas y consumido a través de los alimentos, la infiltración del MCP por sustancias líquidas (precipitaciones y lixiviados) que termina en el suelo, los MCP que se encuentra en el suelo que son adsorbidos por las plantas mediante los pelos radiculares, el desprendimiento de MCP por el factor radiación y temperatura de los plásticos que terminan en cuerpos de agua, por otra parte, el MCP por ser un material muy pequeño no es visible a la percepción humana y no se considera un problema (Oporto et al., 2021).

Existe una variedad de organismos (bacterias, hongos e insectos) que tienen el potencial de degradar los polímeros sintéticos con la ayuda de enzimas y rutas metabólicas (Zambrano, 2021). Por otra parte, la biodegradación de plásticos por algunos organismos es lenta, debido a su alto peso de moléculas, la fuerte unión química y la naturaleza hidrofóbica del polímero, lo cual dificulta la biodegradación (Priya et al., 2022).

En esta investigación se planteó como problema de investigación lo siguiente; ¿Como es la biodegradación de bolsas de polietileno (PEBD) por acción del *Aspergillus sp* y *Penicillium sp* usando un prototipo de biorreactor airlift?

Por lo tanto, este trabajo de investigación se justifica en la parte ambiental, social y económica, ya que las bolsas de polietileno (PEBD) tienen un alto índice de repercusión negativa. En la parte ambiental teniendo la afectación en la calidad del aire, el suelo, el agua, la biodiversidad de los ecosistemas marinos y terrestres, en este caso biodegradando las bolsas de polietileno (PEBD) se evita que terminen en espacios naturales y provoquen problemas negativos en la biodiversidad, y calidad ambiental, por otro lado, en la parte social afecta a la población por la acumulación de residuos plásticos en espacios urbanos y rurales, de este modo eliminando las bolsas de polietileno (PEBD) se reducen los efectos negativos de los microplásticos en la salud de las personas, por último en la parte económica, se aprovechan microorganismos muy comunes en la materia orgánica descompuesta sin costo alguno para eliminar las bolsas de polietileno (PEBD), así reducir los gastos de disposición de residuos de polietileno (PEBD) que terminan en rellenos sanitarios y se evita los gastos de recuperación en áreas afectadas por el polietileno (PEBD).

Por ello el presente trabajo abordó la biodegradación de las bolsas de polietileno (PEBD) y se planteó como objetivo general: Determinar la eficacia de biodegradación de bolsas de polietileno (PEBD) por acción del *Aspergillus sp* y *Penicillium sp* usando un prototipo de biorreactor airlift, teniendo los siguientes objetivos específicos:(i) Recolectar y almacenar el material experimental,(ii) Aislar e identificar el *Aspergillus sp* de un trozo de naranja en descomposición,(iii) Aislar e identificar el *Penicillium sp* de un limón en descomposición,(iv) Elaborar y usar un prototipo de biorreactor airlift a escala de laboratorio para el proceso de biodegradación por acción del *Aspergillus sp* y *Penicillium sp*,(v) Comparar el porcentaje biodegradado por acción del *Aspergillus sp* y *Penicillium sp* en una bolsa de polietileno (PEBD) dividida en 4 partes.

La hipótesis de estudio es: Con la acción del *Aspergillus sp* y *Penicillium sp* se logra biodegradar las bolsas de polietileno (PEBD) usando un prototipo de biorreactor airlift.

## II. MARCO TEÓRICO

De acuerdo a los antecedentes tenemos los siguientes trabajos desarrollados, a nivel nacional, Torres, A (2020), en su trabajo de investigación tuvo el objetivo de determinar si el *Aspergillus niger* era efectivo en la biodegradación de polietileno (PEBD). Donde su población fue de 875 cm<sup>2</sup> equivalente a una bolsa transparente de polietileno (PEBD), para su muestra usó laminas con medida de 4cm<sup>2</sup> cada una siendo un total de 10 láminas utilizadas, donde también tuvo que aislar e identificar el *Aspergillus niger* de una naranja putrefacta, usándose como alimento el agar PDA para su desarrollo, para luego ser colocado en un biorreactor Airlift que contenía caldo nutritivo acondicionado óptimamente con un pH de 5 a 6 y aireación por una bomba pequeña de acuario con temperaturas que oscilaban entre 23 °C a 27 °C durante 10 días que duro el proceso para tener resultados efectivos de 6.9 % de biodegradación de las láminas de polietileno (PEBD), demostrando así que el pH y temperaturas usadas fueron óptimas.

Gonzales, V (2020), en su estudio tuvo como finalidad de determinar la capacidad de biodegradación con el uso de hongos filamentosos frente al polietileno (PEBD) del vertedero de Cancharani ubicado en la Comunidad de Cancharani - Puno, los hongos usados fueron; *Aspergillus niger*, *Fusarium sp*, *Aspergillus Flavus*, *Aspergillus fumigatus*, *Mucor sp*. de los cuales el *Aspergillus niger* tuvo un porcentaje de 64.67 % de biodegradación, donde se demostró que este hongo tuvo mayor masa de crecimiento que los otros hongos filamentosos durante 20 días de estudio a temperaturas que oscilaban de 20 a 30 °C, de este modo se evidencio y corroboró mediante la técnica de Kavelman y Kendrick; concluyendo así que el *Aspergillus niger* forma un biofilm más delgado y que desarrolla la biodegradación más rápida.

Mostajo et al., (2021), en su trabajo evaluó la eficiencia de degradación de bolsas de PEBD y PEAD, usando cepas de *Aspergillus*. Las cepas fueron aisladas de los botaderos de bolsas plásticas del distrito de Calca y Sicuani; en el botadero de Sicuani se aislaron 9 cepas, lo cual el 44 % de degradación de bolsas de polietileno corresponde a 3 cepas *Aspergillus flavus* y 1 cepa de *Aspergillus orizae*, y en el botadero de Calca se aisló 5 cepas, el cual el 40% de bolsas de polietileno degradado



corresponde a 1 cepa de *Aspergillus fumigatus* y 1 cepa de *Aspergillus orizae*. Las especies más eficientes en la degradación de PEBD y PEAD fueron *Aspergillus orizae* con el 24.13 % y *Aspergillus fumigatus* 23,15 %, evidenciando así que los consorcios de cepas de *Aspergillus* degradan bolsas de PEAD y PEBD, mostrando una degradación de mayor eficiencia en el PEBD de 11,6 % a comparación del PEAD de 7,45 %.

Gutiérrez (2019), en su proyecto de investigación tuvo como objetivo biodegradar polietileno de baja densidad (PEBD) usando bacterias, hongos y consorcios microbianos aislados del botadero municipal de la ciudad de Tacna. Donde los microorganismos fueron aislados de materiales plásticos procedentes del botadero; donde fueron filtrados y seleccionados por medio de sales minerales, las cepas identificadas fueron *Bacillus sp*, *Acinetobacter sp*, *Pseudomonas sp*, *Flavobacterium sp*, *Micrococcus sp*, *Rhodotorula sp*, *Penicillium vanoranjei*, *Aspergillus sp*, *Saccharomyces cereviceae*. La degradación se observó mediante la variabilidad de microfotografía de SEM, en un periodo de 70 días teniéndose una pérdida de peso 172,975 mg de PEBD dando un promedio equivalente de 2,08% de biodegradación de polietileno, el consorcio de hongos reporto un porcentaje de 6,54%, también se tuvo presencia de bacterias con un 69 % y levaduras 31%.

Andia y Perez (2020), en su investigación tuvo como objetivo determinar la utilización del hongo *Aspergillus tubingensis* en la eficiencia de la biodegradación de fragmentos plástico de polietileno (PEBD). El aislamiento del hongo se realizó en hojas degradadas y fue aplicado a una muestra de suelo agrícola contaminado por fragmentos de plástico del fondo santa rosa distrito de Lurín, el proceso de biodegradación se llevó a cabo en medio de cultivo de papa dextrosa agar a una temperatura de 27°C y un pH 7.0, durante 90, 105 y 120 días. Donde se observó la degradación de polietileno (PEBD) aplicando diferentes dosis de 20 ml, 30 ml, 40 ml de solución de esporas, observándose así una pérdida de peso, densidad y dureza del polietileno para los 90 días 58%, 76% y 81%, para los 105 días 70%, 72% y 86% y para los 120 días 67%, 74% y 76%, concluyendo que 40 ml es la dosis óptima.

Hermoza, A (2019), en su investigación tuvo como objetivo biodegradar polietileno (PEBD) utilizando 2 microorganismos, una bacteria *Pseudomona aeruginosa* y un hongo *Aspergillus Brazilensis* bajo condiciones de laboratorio en un biorreactor air lift en santa clara – lima. Para biodegradar el polietileno (PEBD) mediante el uso de los microorganismos se usó 2 muestras de polietileno con concentraciones de 50 mg/L y 2 muestras de 100 mg/L coladas dentro del biorreactor air lift en condiciones de laboratorio durante un periodo de tiempo de 7 días. Los resultados obtenidos para *Pseudomona Aeruginosa* acondicionada a una temperatura de 21.8°C con un pH de 6.5 fue que ayudo a que se redujera el Polietileno PEBD en un 2 % con una concentración de 49 mg/L y OD de 6.8% y para *Aspergillus brazilensis* se redujo el PEBD en un 7% teniéndose una concentración de 93 mg/L a una temperatura de 22.1°C, 7.1 pH y 7.45 de OD.

Por otra parte, a nivel internacional, Ogunbayo et al., (2019), Estudió sobre la Degradación Microbiana de Residuos Plásticos Utilizando *Aspergillus niger* y *Pseudomonas Sp* se aislaron los microorganismos para luego ser usados para biodegradar el plástico, donde el medio estaba compuesto por hongos y bacterias que contenía sulfato de magnesio ( $MgSO_4$ ), fosfato monopotásico ( $KH_2PO_4$ ), fosfato dipotásico ( $K_2HPO_4$ ), nitrato de amonio ( $NH_4NO_3$ ), cloruro de calcio ( $CaCl_2$ ), cloruro de hierro ( $FeCl_3$ ), y agua. El pH del medio se ajustó a 5.4 para hongos, 7.2 para bacterias y 6.0 para hongos y bacterias. Ambos experimentos se realizaron a temperatura de ambiente y aeróbicamente, he incubándose en un agitador rotatorio de 120 rpm, se desarrolló en un intervalo de 10 a 60 días, teniendo como resultado de degradación de 7,2%, 12% y 15%. Donde se concluyó que ambos organismos degradan el LDPE, pero el más eficiente es el hongo *Aspergillus niger*.

Sáenz et al., (2019), en su investigación se experimentó la biodegradación del polietileno de baja densidad con hongos filamentosos usándose *Aspergillus niger* y *Aspergillus flavus*, para la obtención de los hongos se extrajo 3 muestras en 3 puntos diferentes del manglar ubicado en Ecuador, usándose un medio de cultivo de extracto elaborado con el suelo y soluciones nutritivas, para luego ser incubados en placas Petri a 37° C durante 4 días, favoreciendo el desarrollo de las colonias y así identificar los hongos de interés para ser aislados en medio agar Sabouraud durante 7 días a 37° C y se inocularon en muestras de polietileno de baja densidad,

después de un tiempo establecido de 77 días a 37 °C se observó la biodegradación para el *Aspergillus niger* de 35. 3% aproximado y por parte del *Aspergillus flavus* de 22. 14%, evidenciándose así grietas y crecimiento de biomasa en las muestras de la superficie del polietileno con las bajas concentraciones de nutrientes.

Asia et al., (2019), en su investigación estudiaron el uso de especies de hongos del medio ambiente costero para biodegradar polietileno, donde se aisló hongos de agua de mar en Karachi y se cultivaron con caldo nutritivo, así identificando *Aspergillus niger* y *Penicillium spp* para luego ser trabajado en agar dextrosa Sabouraud en placas Petri con bolsas de polietileno como única fuente de carbono, se incubaron a 28°C durante una semana. Posteriormente se usó la prueba de Strum en la que se obtuvo la degradación de 30% *Penicillium spp* y para *Aspergillus niger* 19%, para corroborar la información se realizaron análisis infrarrojo con transformada de Fourier revelando así que las cadenas de enlace están degradadas y la microscopía electrónica de barrido evidenció grietas en la superficie y formación de agujeros. La prueba de Strum y espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier proporcionó evidencia sólida de la degradación.

Dsouza et al., (2021), estudiaron la utilización de un consorcio de hongos, como es *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus* y *Aspergillus oryzae*, los cuales se desarrolló en condiciones de laboratorio con diferentes métodos en muestras de polietileno (PEBD) y diferentes sustratos y aditivos, desarrollándose en periodos de 20, 30 y 55 días. La degradación se evidenció mediante microscopía electrónica de barrido (SEM), también la pérdida de peso en las muestras de polietileno de baja densidad; tomándose así en cuenta que esto se debe a la descomposición del esqueleto de carbono del PEBD por las enzimas fúngicas segregadas y la formación de biopelículas sobre el PEBD, lo que ayudó en la disminución de la hidrofobicidad de la superficie de contacto de los hongos y las muestras de PEBD, teniendo así como sustrato más eficiente al caldo de papa dextrosa en el periodo de 55 días y mostrando en los resultados una pérdida máxima de peso de 26% y 15%.

Khan et al., (2023) en su investigación se enfocó en el aislamiento del hongo mesófilo *Penicillium citrinum* de suelos de los vertederos municipales de residuos plásticos en Bhopal – India, para localizar el *Penicillium citrinum* se hicieron 16

registros de aislamientos de hongos de los vertederos municipales, para detectar los hongos que degradan el polietileno se hizo una prueba en un medio de cultivo de agar con sal mineral modificada con 3% de polvo de polietileno LDPE como fuente de carbono y un pH controlado. En la prueba de degradación de LDPE el *Penicillium citrinum* mostro una aceleración de crecimiento colonial, con una pérdida de peso de  $38,82 \pm 1,08\%$ , para aumentar la biodegradación de LDPE se hizo un pretratamiento con ácido nítrico y se perdido un peso de  $47,22 \pm 2,04 \%$ , los análisis de biodegradación del LDPE se evidencio por la técnica FE-SEM, técnica FTIR y técnica TGA, evidenciado así un cambio en la superficie del LDPE.

Sowmya et al., (2015) en su investigación evaluó la aislación e identificación del hongo *Penicillium simplicissimum* por ser el más predominante del vertedero distrital en Shivamogga, el hongo fue aislado y se usó en 3 pretratamientos diferentes del polietileno LDPE en forma de disco de 1 cm de diámetro con peso de 0.10 mg, los tratamientos fue la esterilización en autoclave, esterilización en superficie y exposición a rayos UV. Los resultados de pérdida de peso y cambio en su estructura física se verifico mediante las técnicas de SEM, FTIR y RMN, la biodegradación de los discos de LDPE de 1 cm por parte del *Penicillium simplicissimum* con exposición a UV estuvo en un 38% y un peso final de 0.062 mg, la esterilización en autoclave fue de un 16% y un peso final de 0.084, y el pretratamiento de esterilización en superficie fue de un 7.7 % y peso final de 0.0923, siendo así la más efectiva con el pretratamiento la exposición a UV.

Khruengsai et al., (2021), analizó la biodegradación de 30 hongos de Tailandia en medio de agar con sal mineral que contenía películas de polietileno de baja densidad (LDPE). Donde se identificó hongos como son *Diaporthe italiana*, *Thyrostroma jaczewskii*, *Collectotrichum fructicola* y *Stagonosporopsis citrulli*, ya que fueron los que mejor se desarrollaron con película de polietileno LPPE como única fuente de carbono en comparación al *Aspergillus Niger*. Se cultivaron con caldo nutritivo de sal mineral con una película de polietileno LDPE como única fuente de carbono durante 90 días. Donde los hongos *D. italiana*, *T. jaczewskii*, *C. fructicola*, *S. citrulli* y *A. niger* cultivados con polietileno LDPE en pesos que van desde 0,45 a 1,45, 0,36 a 1,22, 0,45 a 1,45, 0,33 a 1,26. y 0,37 a 1,27 g/l; y teniendo

así una pérdida de peso en las películas de polietileno LDPE de 1,56, 1,78, 0,43, 1,86 y 3,34 MPa.

Oviedo et al., (2021), en su estudio evaluó a tres cepas de hongos (con características filamentosas) aislados de la Antártida, desarrollándose en medios líquidos para comprobar su capacidad de biodegradación de polímeros, siendo utilizados 10, 20 y 40 mg de LDPE (polietileno de baja densidad), PS (poliestireno) y PU (poliuretano) como suministro de carbono. Las muestras de polímeros se usaron sin pretratamiento y pretratamiento con UV de envejecimiento artificial durante 500 h, se incubaron por 90 días a 18 °C con especies del género *Penicillium*, *Geomyces* y *Mortierella*, para evidenciar la biodegradación de los polímeros se evaluó los pesos de los polímeros en el tiempo establecido y se determinó los cambios de la estructura química con FTIR, el pretratamiento favoreció la biodegradación para el *Penicillium spp*, donde degradó 28,34% de poliuretano, 8,39 % de poliestireno y 3,53% de polietileno de baja densidad.

Entre las bases teóricas tenemos las siguientes; los microplásticos son un material particulado que se encuentran en diversas formas en el entorno ambiental, de este modo se tienen diferentes formas como: esferas, pellets, espuma, fibras, fragmentos, cuentas y escamas, estas dependerán de la forma originaria del plástico, el tiempo de degradación y las condiciones que están expuestas, la mayoría de partículas de microplástico son de un tamaño de 5 mm, aunque el término es referido a un rango de 5 mm a 1 µm de tamaño, por otra parte hay otros rangos de plástico, los cuales son nanoplásticos que son mucho más pequeños de 1 µm y otros como mega, macro y meso, estas son equivalentes a un rango mayor de 5 mm (Castañeta, 2020).

El polietileno de baja densidad es un polímero termoplástico más sencillo, pertenece a la familia de los olefínicos, este polímero se encuentra formado por múltiples unidades repetidas de etileno, teniendo en cuenta que el término termoplástico es porque si se somete a altas temperaturas se convierte en un material maleable, de este modo derritiéndose cuando se calienta demasiado y endureciendo cuando está en el frío, y es utilizado para diferentes productos como; bolsas plásticas, tapas y películas de invernadero (Cahuana, 2019).

La contaminación por plástico es una problemática que se categoriza en dos, esto por los efectos de los macroplásticos y microplásticos, por lo general son fragmentos provenientes de desechos plásticos como redes de pesca, bolsas de polietileno, botellas plásticas, tapas de botellas, etc., de acuerdo a su tamaño genera diferentes problemas a la biodiversidad, dentro de ello la mortandad de varias especies marinas por ingesta o enredarse cuando terminan los plásticos en sus hábitats y se estima que constituye el 60% a 80% de residuos marinos (Buteler, 2019).

El biorreactor es un complejo sistema a base de diferentes tipos de recipiente que permite controlar de manera precisa las condiciones físicas y químicas del medio, el término biorreactor hace referencia de manera amplia en el ámbito de la micropropagación, donde hace relación el empleo de medios de cultivo líquidos en recipientes semiautomatizados para producir de manera intensificada a los propágulos (Galan et al., 2018).

El biorreactor airlift es un sistema de reactor de carácter aerobio para fermentar, el cual usa corriente de aire como parte fundamental para su uso, donde la aireación forma parte de manera inherente para la recirculación de componentes sensibles a la agitación mecánica como células vegetales, microalgas, cultivos de tejidos, cianobacterias, hongos filamentosos y los medios de cultivo líquido dentro del reactor, por otro lado, el diseño típico del biorreactor airlift contiene un tubo que inyecta aire desde el fondo del reactor, de este modo el aire entra a velocidad e impulsa el contenido del reactor y provoca burbujas en el medio de cultivo líquido que suben a la parte superficial generando una corriente de arrastre, provocando así un flujo para arriba y este flujo al llegar arriba pierde velocidad por liberar las burbujas, luego aumenta la densidad y por gravedad fluye ahora hacia abajo con una mínima concentración de aire disuelto, generando así la recirculación, (Barrientos et al., 2014).

La biodegradación es la descomposición de un material o sustancia natural o química de manera aerobia y anaerobia, esto mediante de la acción física, química o enzimática de algunos organismos en condiciones normales del medio ambiente, entre ellos tenemos los siguientes: hongos, algas, bacterias e insectos, por otra

parte, la biodegradación por los organismos transforma a los componentes químicos o naturales en compuestos simples, asimilables y no deja residuos, de este modo son metabolizados e incorporados como nueva biomasa (Simón, 2021).

El *Aspergillus spp* está conformado por hongos filamentosos hialino, saprofito, pertenecientes al filo de *Ascomycota*, estos organismos se encuentran conformados por hifas hialinas septadas y se reproducen de manera sexual (formación de ascosporas en el interior de ascas) y asexual (formación de conidios), dentro de este género existen un aproximado de 180 especies, pero solo el 40 de ellas tienen efectos infecciosos en los seres humanos y otros organismos, las especies se pueden diferenciar por el tamaño que tienen, etapa de crecimiento, textura (aterciopelada, granular, algodonosa), pigmento de la colonia (verde, negro, marrón, etc.) y esta pigmentación se encuentra casi siempre presente en las estructuras aéreas, tanto en la parte de los micelios como en la parte de las cabezas conidiales, por otra parte, este género es uno de los principales en secretar el metabolito de micotoxina (sirve como medio de defensa contra otros organismos cuando se está degradando el material orgánico), (INSST, 2021).

**Tabla 01. Descripción de algunas especies del género *Aspergillus***

Sección	Especies	Descripción macroscópica	Descripción microscópica
FLAVI	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Aspergillus flavus</i>.</li> <li>• <i>Aspergillus nominus</i>,</li> <li>• <i>Aspergillus parasiticus</i>.</li> <li>• <i>Aspergillus tamaraii</i>.</li> </ul>	<p>Grupo pulverulentas, comienzan de color blanco y posteriormente se vuelve a un color verde amarillento a verde oliva. Reverso incoloro, a veces cambian de amarillo a marrón - rojo.</p>	<p>Tienen cabeza aspergilar uniseriada o biseriada, estipetes espiculados y conidios omamentados. Los conidios se organizan de forma radiada.</p>
NIGRI	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Aspergillus niger</i>.</li> <li>• <i>Aspergillus tubingensis</i>.</li> <li>• <i>Aspergillus japonicus</i>.</li> </ul>	<p>Pigmentación de marrón al negro, Colonias granulosas. Color de incoloro a amarillento pálido.</p>	<p>Conidióforos largos y lisos, los conidios son omamentados de color negro o café, organizadas de forma radiada, cabeza aspergilar principalmente biseriada, algunas especies uniseriadas.</p>
TERREI	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Aspergillus terreus</i>.</li> <li>• <i>Aspergillus alabamensis</i>.</li> <li>• <i>Aspergillus pseudoterreus</i>.</li> </ul>	<p>Grupo algodonosas ocasionalmente pulverulentas de pigmento marrón – terracota y pigmento amarillento en la parte reversa.</p>	<p>Las hifas pueden dar origen a conidios accesorios. La cabeza aspergilar es biseriada y los conidios se organizan de forma columnar.</p>
FUMIGATI	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Aspergillus fumigatus</i>.</li> <li>• <i>Aspergillus lentulus</i>.</li> <li>• <i>Aspergillus udagawae</i>.</li> <li>• <i>Aspergillus felis</i>.</li> <li>• <i>Aspergillus hiratsukae</i>.</li> <li>• <i>Aspergillus fumigatiaffini</i>.</li> <li>• <i>Aspergillus fischeri</i></li> </ul>	<p>Colonias inicialmente aterciopeladas pueden tornarse pulverulentas finas. Inicialmente blancas luego verde o gris con bordes claros y reverso variable.</p>	<p>Conidióforos cortos lisos, vesícula en forma de clava. La cabeza es pequeña uniseriada, las fiálides se ubican sobre los dos tercios superior de la vesícula. Los conidios se organizan de forma columnar</p>

Fuente: Organización Panamericana de la Salud (2019)



Entre algunos *Aspergillus sp* degradadores de polietileno tenemos al *Aspergillus niger*, este es un hongo filamentoso que se puede encontrar muy fácil en la naturaleza, este organismo se desarrolla en la materia orgánica en descomposición, el polvo, en el suelo y también en los hospitales, en cuanto a su coloración es negra a negra grisácea y suele hallarse este color en el micelio, y la cabeza conidial, tiene un conidióforo liso largo, una vesícula globosa que es seguida por métulas y luego por fiálides biseriados, por otra parte, este organismo tiene un modo de reproducción asexual, donde los fiálides producen conidios (esporas con pigmentación negra y rugosa), considerando también que los conidios o esporas del *Aspergillus niger* pueden tolerar 70 °C y cuando estas se encuentran germinando producen las hifas, estas hifas tienen características traslúcidas y septadas (Espinoza y Hernández, 2021).

**Tabla 02.** Taxonomía del *Aspergillus niger*

Reino	Fungí
Filo	<i>Ascomycota</i>
Clase	<i>Eurotimycetes</i>
Orden	<i>Eurotiales</i>
Familia	<i>Aspergillaceae</i>
Género	<i>Aspergillus</i>
Especie	<i>Aspergillus niger</i>

Fuente: Cordova (2020)

El *Aspergillus fumigatus* es un hongo saprotrófico que habita comúnmente en el suelo sobre la materia orgánica en descomposición, este organismo se ha adaptado y aprendido a proliferar en ambientes hostiles, también cumple un rol importante en el reciclaje del carbono y nitrógeno que está en el ambiente, se reproduce de manera asexual por la esporulación de conidios (son equinulados verdes de 2,5 a 3 µm de diámetro) que se encuentran en las cadenas de los fiálides (son verdes o blancas de 6 a 8 por 2 a 3 µm), los fiálides del *Aspergillus fumigatus* se encuentran clavados directamente en las vesículas (tiene ausencia de métulas), por otra parte, la reproducción sexual es por la unión de hifas produciendo ascosporas (Latgé, 2019).

El *Penicillium spp* está conformado por hongos filamentosos hialino, saprófito perteneciente al filo *Ascomycota*, de manera macroscópica se evidencia muy rápido el crecimiento de las colonias, este género al inicio de su desarrollo es color blanco y mientras se desarrolla más cambia a un color azul, verde, tonos rosados, gris oliva o azul verdoso, teniendo un reverso amarillo cremoso, en cuanto a la textura es de acuerdo a la especie y esta puede ser plana, filamentosa, algodonosa o aterciopelada y en algunos casos presenta gotas de exudado, por otro lado, microscópicamente tienen hifas septadas, los conidióforos tienen ramas secundarias denominadas métulas y estas son de forma cilíndrica con pared lisa, portando también las especies de este género de 3 a 6 fiálides en apariencia de matraz; de lo cual brotan largas cadenas no ramificadas de conidios formando el penacho o pincel que es rasgo distintivo del género (INSST, 2022).

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

##### **3.1.1. Tipo de investigación**

Esta investigación fue de tipo aplicada, ya que se puso en práctica información de hallazgos de relevancia ante la problemática que se buscó minimizar, según Arias y Covinos, (2021), esta se caracteriza por usar o emplear conocimientos que se requieran para resolver problemas o situaciones específicas. Por otro lado, esta investigación tuvo un enfoque cuantitativo, de acuerdo a Sánchez, (2019), en este enfoque se utiliza la recopilación de información para probar supuestos y estableciendo así pautas, teniendo entre sus características la medición numérica de los datos recogidos y predicción de la ocurrencia del fenómeno o problema a abordar. En tal sentido, este trabajo de investigación se basó en el peso y tiempo de biodegradación de las 4 partes de una bolsa de polietileno (PEBD).

##### **3.1.2. Diseño de investigación**

En cuanto al diseño de esta investigación fue experimental, ya que se manipulo la variable independiente, evidenciado así una causa y efecto hacia la variable dependiente, demostrando un cambio significativo o considerable. De acuerdo a Alban et al., (2020), donde nos menciona que una investigación experimental se somete una o más variables de un estudio a condiciones, estímulos o tratamientos, esto con el fin de tener el control del aumento o disminución de las variables estudiadas.

#### **3.2. Variable y Operacionalización**

##### **3.2.1. Variable independiente:**

Acción del *Aspergillus sp* y *Penicillium sp*

##### **3.2.2. Variable dependiente:**

Biodegradación de bolsas de polietileno (PEBD)

### **3.3. Población, muestra y muestreo**

#### **3.3.1. Población:**

La población del presente trabajo estuvo conformada por todas las bolsas de polietileno (PEBD) de la provincia de Chiclayo.

- Criterio de inclusión: Bolsas de polietileno (PEBD) que se encuentran dentro de la provincia de Chiclayo.
- Criterio de exclusión: Bolsas de polietileno (PEBD) que se encuentran fuera de la provincia de Chiclayo.

#### **3.3.2. Muestra:**

La muestra fue de 88 bolsas de polietileno (PEBD) provenientes del límite noreste del pueblo joven San Borja ubicada en la Lat: - 6.74998166 y Long: - 79.80744816 que se encuentra dentro del distrito de José Leonardo Ortiz.

#### **3.3.3. Muestreo:**

En esta investigación el muestreo fue no probabilístico por conveniencia sistemático, de acuerdo a ello, la selección de la muestra dependió de las características o criterios que se consideraron, en tal sentido se seleccionó una cantidad mínima y extraída solo una vez (Otzen, 2017).

#### **3.3.4. Unidad de análisis:**

La unidad de análisis fue 1 bolsa de polietileno (PEBD) dividida en 4 partes (cada parte por una unidad de biorreactor airlift).

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.4.1. Técnica de recolección de datos:**

La observación, de acuerdo a López et al., (2021), nos menciona que este método es la base del saber en el mundo y la actividad científica, para ello

se requiere tener la atención fijada hacia el objeto de estudio, de acuerdo a lo mencionado, esta se basa en la atención o enfoque de percepción en los criterios que se estén observando.

### 3.4.2. Instrumento de recolección de datos:

Ficha de toma de datos, este instrumento fue hecho por los autores y sirvió para el desarrollo de la investigación.

## 3.5. Procedimientos

### Recolección de la muestra experimental

- 1) En la recolección de la muestra experimental se seleccionó como área de extracción el límite noreste del pueblo joven San Borja ubicada en la Lat: - 6.74998166 y Long: - 79.80744816 que se encuentra dentro del distrito José Leonardo Ortiz.

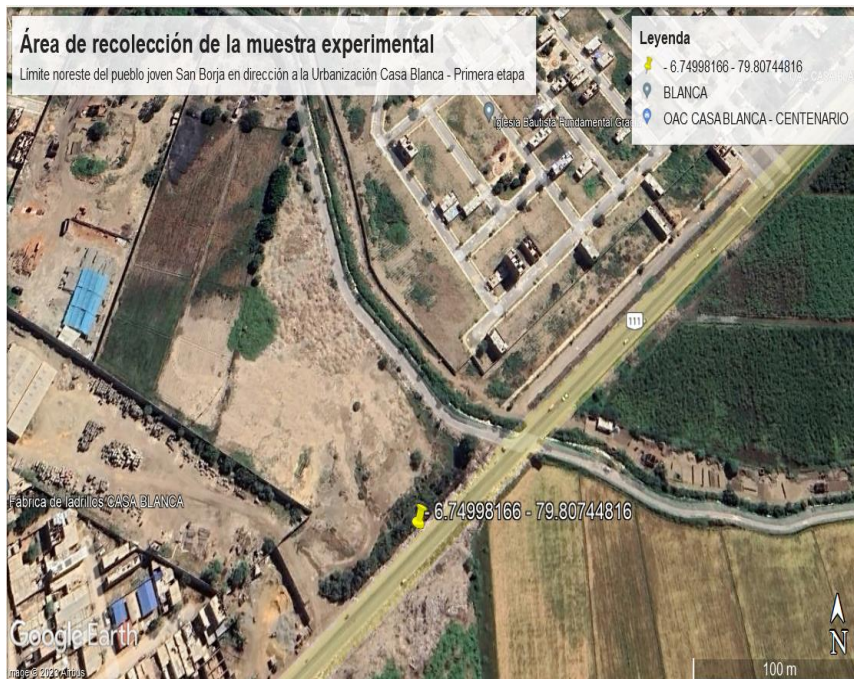


Figura 01. Ubicación del área de recolección de la muestra experimental.

Fuente: Elaboración propia.

- 2) En el límite noreste del pueblo joven San Borja, donde se procedió a recolectar la muestra de 88 bolsas de polietileno (PEBD) que se encontraban tiradas, las bolsas de polietileno (PEBD) tienen las siguientes características: brillo, flexibilidad y poco opacas en transparencia.



*Figura 02.* Recolección de bolsas de polietileno (PEBD).

Fuente: Elaboración propia.

- 3) La muestra de 88 bolsas de polietileno (PEBD) se colocaron en una bolsa ziploc de un kilogramo rotulada con la fecha de recolección, cantidad del contenido y el material recolectado.



*Figura 03.* Muestra de bolsas de polietileno (PEBD) en bolsa ziploc rotulada.

Fuente: Elaboración propia.

- 4) La muestra recolectada de 88 bolsas de polietileno (PEBD) se llevó al interior de la casa que se encuentra situada en la calle las Colinas 157 ubicada en la Lat: -6.7601629 y Long: -79.82422773. El lugar se escogió por ser un área sin mucho viento e iluminado.



Figura 04. Ubicación del área de esterilización de bolsas de polietileno (PEBD).

Fuente: Elaboración propia.

- 5) En la casa que se encuentra calle las Colinas 157 se usó un criterio de selección para las bolsas de polietileno (PEBD), donde se escogió solo las que no se encontraban rotas, teniendo un total de 64 bolsas de polietileno de diferentes tamaños (PEBD) no rotas y descartando a 24 bolsas de polietileno (PEBD) por estar rotas, después se lavaron con agua destilada.



*Figura 05.* Selección y lavado de las bolsas de polietileno (PEBD).

Fuente: Elaboración propia.

- 6) Las bolsas seleccionadas se guardaron en un recipiente de vidrio con alcohol de 70° por un periodo de 8 días, luego se lavaron con agua destilada y posteriormente se volvieron a guardar en el recipiente de vidrio.



*Figura 06.* Guardado de bolsas de polietileno (PEBD) en recipiente de vidrio con alcohol.

Fuente: Elaboración propia.



## Aislación del *Aspergillus sp*

- 1) Se recolectó un trozo de naranja en descomposición con la presencia del *Aspergillus sp* de la planta de valorización de residuos sólidos orgánicos de la Municipalidad Provincial de Chiclayo (PVR SOMPC) ubicada en la Lat: -6.7769477 y Long -79.8786008, luego el material recolectado con presencia del *Aspergillus sp* se colocó en un vaso de recolección de muestra.



Figura 07. Recolección de muestra con presencia de *Aspergillus sp* de la PVR SOMPC.

Fuente: Elaboración propia

- 2) El vaso de recolección de muestra conteniendo el trozo de naranja en descomposición se llevó al laboratorio de LDP Perú (laboratorio fitopatológico) que se encuentra en la MZ A lote 11 Sol de la Alameda Real - Los portales – Lambayeque ubicado en la Lat: -6.69565481 y Long: -79.89350718.



Figura 08. Área de ubicación del laboratorio LDP Perú.

Fuente: Elaboración propia.

- 3) En el laboratorio de LDP Perú se utilizaron placas petri esterilizadas en un esterilizador marca Ovens a 150 °C durante 60 minutos y luego se esterizaron en autoclave a 120 °C y 15 lb de presión por 20 minutos.



Figura 09. Esterilización de placas petri en esterilizador y autoclave.

Fuente: Imagen fotográfica de Laboratorio de LDP Perú.

- 4) A las placas petri se les colocó un medio de cultivo de 20 ml de PDA (papa, dextrosa, agar granulado), previa a la colocación del medio de cultivo se preparó un medio de 7.8 gramos de PDA y 200 ml de agua destilada en un matraz erlenmeyer de 250 ml dentro de una cámara de flujo laminar para evitar contaminación.



Figura 10. Medio de cultivo PDA y pesado de medio de cultivo PDA en gramos.

Fuente: Imagen fotográfica de Laboratorio de LDP Perú

- 5) Las placas petri con el medio de cultivo PDA se dejaron 24 horas en la cámara de flujo laminar a temperatura ambiente para que se solidifique el PDA y también evidenciar si no se han contaminado con otros microorganismos las placas Petri.



Figura 11. Placas petri en cámara de flujo laminar.

Fuente: Imagen fotográfica de laboratorio de LDP Perú.

- 6) Una vez verificado que no se contaminaron los medios de cultivo de PDA en las placas petri, se comenzó a extraer el micelio del *Aspergillus sp* con una jeringa médica (previamente esterilizada con un mechero) del pedazo de naranja en descomposición e inocularla usando la técnica de siembra por punto en el medio de cultivo de PDA.
- 7) Las placas petri con el medio de cultivo PDA inoculado con el *Aspergillus sp* se envolvieron en papel craft y se incubaron en un horno de laboratorio BIOBASE durante 6 días a temperatura de 25 a 28 °C.



Figura 12. Placas petri en el horno de laboratorio.

Fuente: Imagen fotográfica de laboratorio de LDP Perú.

## Aislación del *Penicillium sp*

- 1) Se recolectó un limón en descomposición con la presencia del *Penicillium sp* de la planta de valorización de residuos sólidos orgánicos de la Municipalidad Provincial de Chiclayo (PVR SOMPC) ubicada en la Lat: -6.7769477 y Long -79.8786008, luego el material recolectado con presencia del *Penicillium sp* se colocó en un vaso de recolección de muestra.



Figura 13. Recolección de muestra con presencia de *Penicillium sp* de la PVR SOMPC.

Fuente: Elaboración propia

- 2) El vaso de recolección de muestra conteniendo el limón en descomposición se llevó al laboratorio de LDP Perú (laboratorio fitopatológico) que se encuentra en la MZ A lote 11 Sol de la Alameda Real - Los portales – Lambayeque ubicado en la Lat: -6.69565481 y Long: -79.89350718.



Figura 14. Área de ubicación del laboratorio LDP Perú.

Fuente: Elaboración propia

- 3) En el laboratorio de LDP Perú se utilizaron placas petri esterilizadas en un esterilizador marca Ovens a 150 °C durante 60 minutos y luego se esterizaron en autoclave a 120 °C y 15 lb de presión por 20 minutos.



Figura 15. Esterilización de placas petri en esterilizador y autoclave.

Fuente: Imagen fotográfica de laboratorio de LDP Perú.

- 4) En las placas petri se les colocó un medio de cultivo de 20 ml de PDA (papa, dextrosa, agar granulado), previa a la colocación del medio de cultivo se preparó un medio de 7.8 gramos de PDA y 200 ml de agua destilada en un matraz erlenmeyer de 250 ml dentro de una cámara de flujo laminar para evitar su contaminación.



Figura 16. Medio de cultivo PDA y pesado de medio de cultivo PDA en gramos.

Fuente: Imagen fotográfica de laboratorio de LDP Perú.

- 5) Las placas petri con el medio de cultivo PDA se dejaron 24 horas en la cámara de flujo laminar a temperatura ambiente para que se solidifique el PDA y también evidenciar si no se han contaminado con otros microorganismos las placas petri.



Figura 17. Placas petri en cámara de flujo laminar.

Fuente: Imagen fotográfica de laboratorio de LDP Perú.

- 6) Una vez verificado que no se contaminaron los medios de cultivo de PDA en las placas petri, se comenzó a extraer el micelio del *Penicillium sp* con una jeringa médica (previamente estilizada con un mechero) del limón en descomposición e inocularla usando la técnica de siembra por punto en el medio de cultivo de PDA.



Figura 18. Inoculación del *Penicillium sp* en placa petri.

Fuente: Imagen fotográfica de Laboratorio de LDP Perú.

- 7) Las placas petri con el medio de cultivo PDA inoculado con el *Aspergillus sp* se envolvieron en papel craft y se incubaron en un horno de laboratorio BIOBASE durante 6 días a temperatura de 25 a 28 °C.



Figura 19. Placas petri en el horno de laboratorio.

Fuente: Imagen fotográfica de laboratorio de LDP Perú.

## Identificación del *Aspergillus sp*:

- 1) Se retiraron las placas petri del horno de laboratorio después de los 6 días y se desenvolvieron del papel craft.

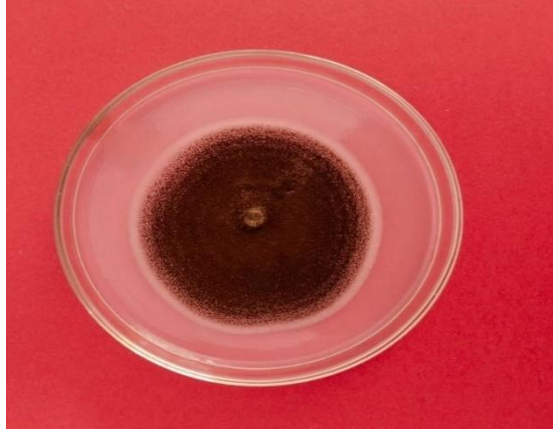


Figura 20. Placa petri con el *Aspergillus sp*.

Fuente: Imagen fotográfica de laboratorio de LDP Perú.

- 2) En la identificación microscópica del *Aspergillus sp* se usó el método de la cinta adhesiva transparente (Rush-Munro) o montaje directo con azul de lactofenol, donde se hizo lo siguiente:
  - Se usó un mechero para esterilizar los materiales durante el proceso de identificación.
  - Se rompió un trozo de cinta adhesiva transparente y se colocó en una pinza para que la sostenga (se sostuvo solo un lado y la parte adhesiva mirando abajo).
  - Se colocó una gota de azul de lactofenol sobre un porta objeto.
  - Se abrió una placa petri y con la pinza que sostenía la cinta adhesiva se introdujo en la placa petri para que se adhiriera una parte de la colonia del *Aspergillus sp*.
  - Se colocó la parte adherente de la cinta adhesiva sobre el azul de lactofenol que se encontraba en el porta objeto.
  - Se llevó el porta objeto a un microscopio y se observó a una medida de lente de 40X las siguientes características del *Aspergillus sp* como los conidios, vesícula, conidióforo y cabeza.



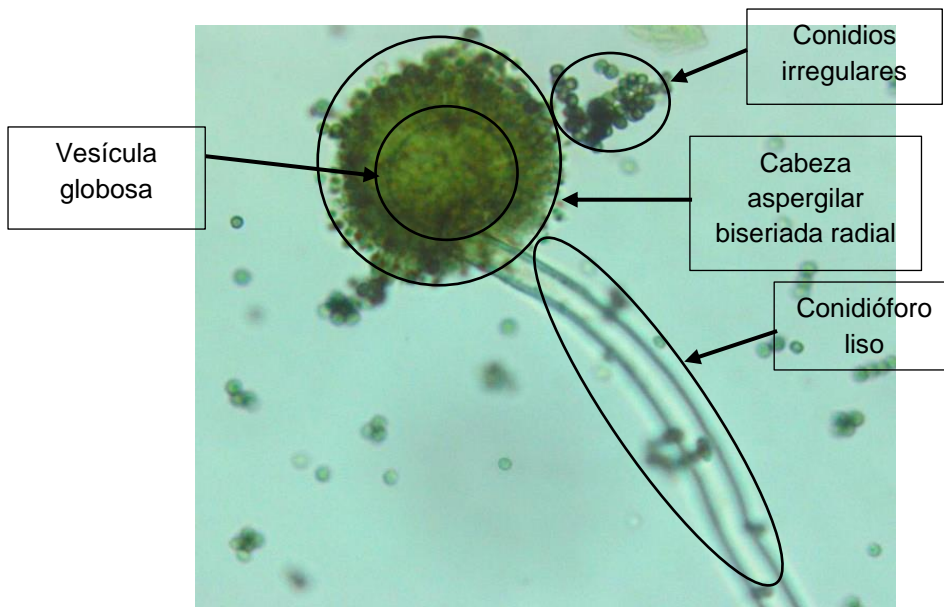


Figura 21. Características microscópicas del *Aspergillus sp.*

Fuente: Imagen microscópica de laboratorio de LDP Perú.

## Identificación del *Penicillium sp*

- 1) Se retiraron las placas petri del horno de laboratorio después de los 5 días y se desentuvieron del papel craff.

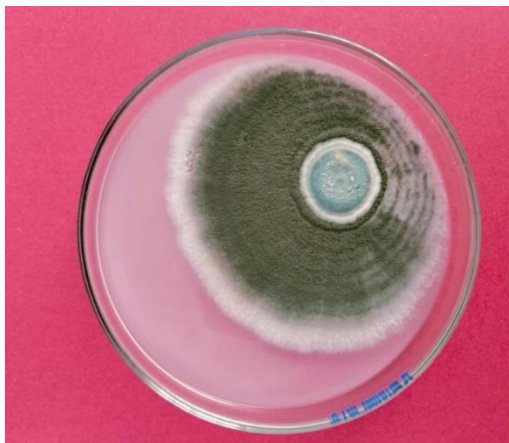


Figura 22. Placa Petri con el *Penicillium sp*.

Fuente: Imagen fotográfica de laboratorio de LDP Perú.

- 2) En la identificación microscópica del *Penicillium sp* se usó el método de la cinta adhesiva transparente (Rush-Munro) o montaje directo con azul de lactofenol, donde se hizo lo siguiente:
  - Se usó un mechero para esterilizar los materiales durante el proceso de identificación.
  - Se rompió un trozo de cinta adhesiva transparente y se colocó en una pinza para que la sostenga (se sostuvo solo un lado y la parte adhesiva mirando abajo).
  - Se colocó una gota de azul de lactofenol sobre un porta objeto.
  - Se abrió una placa petri y con la pinza que sostenía la cinta adhesiva se introdujo en la placa petri para que se adhiriera una parte de la colonia del *Penicillium sp*.
  - Se colocó la parte adherente de la cinta adhesiva sobre el azul de lactofenol que se encontraba en el porta objeto.
  - Se llevó el porta objeto a un microscopio y se observó en el lente de 40X las características del *Penicillium sp* como los conidios, fiálides, métula, ramas, ramillas y conidióforo.

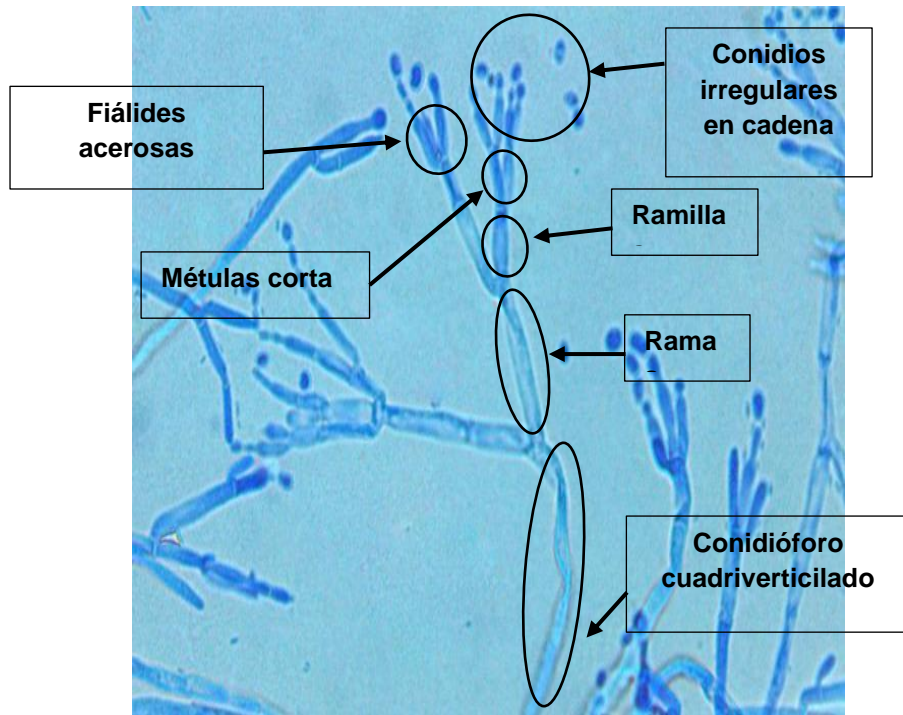


Figura 23. Características microscópicas del *Penicillium* sp.

Fuente: Imagen microscópica de laboratorio de LDP Perú.

## Biodegradación de las bolsas de polietileno (PEBD) por el *Aspergillus sp* y *Penicillium sp*

- 1) Se recibieron cepas de *Aspergillus sp* y *Penicillium sp* purificadas en placas petri (en la purificación se hicieron repiques en el laboratorio LPD Perú de los hongos en medios de cultivos PDA para tener cepas puras), luego las placas petri con las cepas se llevaron al laboratorio de química de la Universidad César Vallejo y después se colocaron en un horno de laboratorio a 30 °C.



Figura 24. Placas petri conteniendo *Aspergillus sp* y *Penicillium sp* a 30 °C.

Fuente: Elaboración propia.

2) Se elaboró 4 unidades de 1 prototipo de biorreactor airlift a escala de laboratorio, donde se hizo lo siguiente:

- Se usaron 4 frascos de vidrio (esterilizados en autoclave a 121 °C y 15 lb de presión por 15 minutos) de 2.1 litros con previos agujeros en la tapa (se hizo agujeros con un taladro teniendo una broca punta diamante pequeña) para elaborar 4 unidades de un prototipo de biorreactor airlift, donde los frascos de vidrio contenían 700 ml de medio cultivo líquido a base de 9.1 gramos de caldo nutritivo (peptona, cloruro de sodio, HM peptona y extracto de levadura) y 700 ml de agua destilada.

Características del frasco de cada unidad de birreactor airlift:

- Forma: Recipiente cuadrado.
- Ancho: 11.4 cm.
- Diámetro: 11.4 cm.
- Altura: 27 cm.
- Longitud: 13.4 cm.
- Profundidad: 25 cm.
- Capacidad: 2.1 lt.



Figura 25. Esterilización de frascos conteniendo caldo nutritivo en autoclave a 121 °C.

Fuente: Elaboración propia

- En el medio de aireación para las 4 unidades del prototipo de biorreactor airlift se usaron 2 bombas de aire de pecera de doble salida de 5w con flujo de aire 2x4L / min de marca SOBO y presión de 0.02 Mpa, donde la aireación en cada unidad de prototipo se usó una venoclisis, la venoclisis se introdujo en cada unidad de biorreactor airlift para que se pueda oxigenar y mantener sin contaminación de otros organismos.



Figura 26. Verificación de cada unidad de P. biorreactor airlift para evitar fugas de aire.

Fuente: Elaboración propia.

**3) Previo a la aireación de cada unidad de prototipo de biorreactor airlift se hizo lo siguiente:**

- Los frascos con el contenido del medio de cultivo líquido de 700 ml se dejaron en la campana de extracción por 3 días para evidenciar si se han contaminado con otro microorganismo.



Figura 27. Frascos conteniendo caldo nutritivo en campana de extracción.

Fuente: Elaboración propia.

- Después los 3 días se usó una muestra de 100 ml de caldo nutritivo de un medio de cultivo líquido desarrollado aparte para analizar el pH como se encontraban antes de hacer los inóculos, en el análisis indico que el medio tiene un pH de 6.07, después se bajó el pH a 5.0 con 11.02 mililitros de ácido acético al 5% (este dato fue aplicado a cada unidad de biorreactor para que su pH oscile en un rango de 5.0 a 6.0).



*Figura 28.* Muestra de 100 ml de caldo nutritivo bajado a pH de 5 con ácido acético al 5%.

Fuente: Elaboración propia.

- Luego se desarrollaron 2 concentraciones de 100 ml usando agua destilada con las esporas de *Aspergillus sp* y de *Penicillium sp* purificadas, donde se hizo lo siguiente en una campana de extracción para evitar contaminación y desinfectada con alcohol de 96° por cada concentración de cepa:
  - Las placas petri con las cepas de *Aspergillus sp* y *Penicillium sp* se retiraron del horno de laboratorio.
  - En 2 matraces erlenmeyer de 100 ml se añadió 100 ml agua destilada.
  - Se abre individualmente cada placa petri, luego en la parte superficial de las cepas de *Aspergillus sp* y *Penicillium sp* que están en los medios de cultivo se extrajo 10 inóculos de esporas con un asa bacteriológica y se colocó en matraces Erlenmeyer de 100 ml.
  - Los matraces erlenmeyer se taponearon con algodón y luego se agitaron para homogenizando el contenido.



Figura 29. Concentración de dosis de inóculos de *Aspergillus sp* y *Penicillium sp*.

Fuente: Elaboración propia.



- De los 2 matraces Erlenmeyer con 100 ml, se inoculó 20 ml de concentración con esporas del *Aspergillus sp* a 2 frascos de vidrio y 20 ml de concentración con esporas del *Penicillium sp* a los 2 frascos de vidrio restantes.

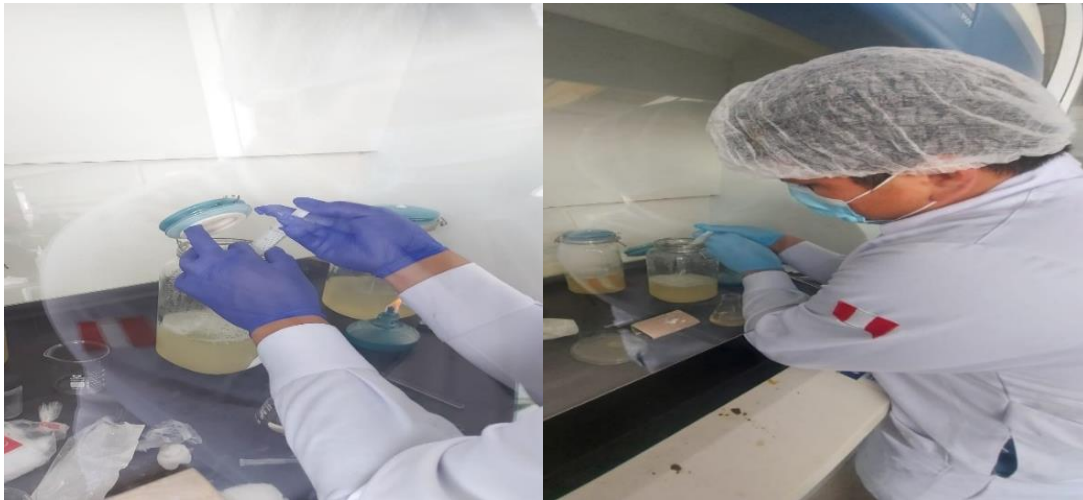


Figura 30. Inóculos de concentración de 20 ml con *Aspergillus sp* y 20 ml con *Penicillium sp*.

Fuente: Elaboración propia.

- Los 4 frascos de vidrio inoculados con *Aspergillus sp* y *Penicillium sp* se dejaron en la campana de extracción a condiciones del ambiente por 4 días para evidenciar enturbiamiento del medio de cultivo, lo cual significa que los hongos se están desarrollando bien.

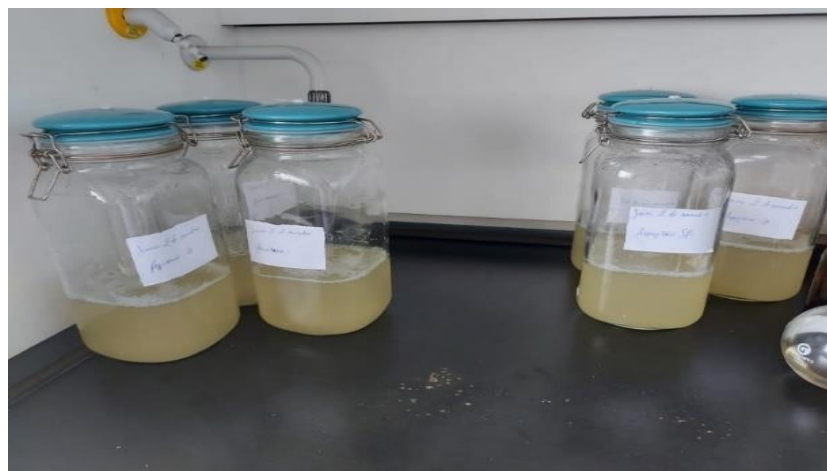


Figura 31. Frasco de vidrio previamente inoculados con enturbiamiento.

Fuente: Elaboración propia.

- 4)** Al quinto día después de la inoculación, las bolsas de polietileno (PEBD) que se guardaron en el recipiente de vidrio se retiraron y luego se seleccionó 1 bolsa de polietileno (PEBD) para ser dividida en 4 partes, después cada parte de la bolsa de polietileno (PEBD) se pesó en una balanza analítica.



*Figura 32.* Selección de la bolsa de polietileno a usar para cada unidad de prototipo airlift.

Fuente: Elaboración propia.

- 5)** Se monitoreo el pH y temperatura de todo el proceso después de los 5 días que se inocularon los hongos en cada unidad de prototipo de biorreactor airlift, y acondicionando el pH con ácido acético al 5% para que oscile en un rango de 5.0 a 6.0.
- 6)** Las 4 partes de la bolsa de polietileno (PEBD) seleccionada se lavaron con agua destilada y luego se colocaron en cada unidad de prototipo de biorreactor airlift, posteriormente se dejaron un periodo de 9 días para que los hongos puedan usar las bolsas de polietileno (PEBD) como fuente de carbono.

### **Comparación de la biodegradación del *Aspergillus sp* y *Penicillium sp*:**

- 1) Una vez haber pasado 9 días desde que se colocó las 4 partes de la bolsa de polietileno (PEBD) por cada unidad de prototipo de biorreactor airlift, se procedió a extraer cada una parte de la bolsa de polietileno (PEBD), luego se dejaron secar a temperatura ambiente y siguientemente se pesaron en una balanza analítica.
- 2) Los datos obtenidos de la balanza analítica del peso inicial ( $P_i$ ) y peso final ( $P_f$ ) en gramos (g) de las 4 partes de la bolsa de polietileno (PEBD) se convirtieron a miligramos (mg) con la siguiente formula:

#### **Formula 1**

$$\text{Cantidad obtenida en (mg)} = \text{Peso obtenido en (g)} \times \frac{1000 \text{ mg}}{1.0 \text{ g}}$$

- 3) Los datos en miligramos se usaron para determinar el porcentaje biodegradado por los hongos, donde estos datos fueron usados en la siguiente formula:

#### **Formula 2**

$$\% \text{ Biodegradado de (PEBD)} = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100$$

- 4) Los datos obtenidos de la fórmula para porcentaje biodegrado de las 4 partes de la bolsa de polietileno (PEBD) por el *Aspergillus sp* y *Penicillium sp* se usaron para determinar quién consumió más en el tiempo establecido.

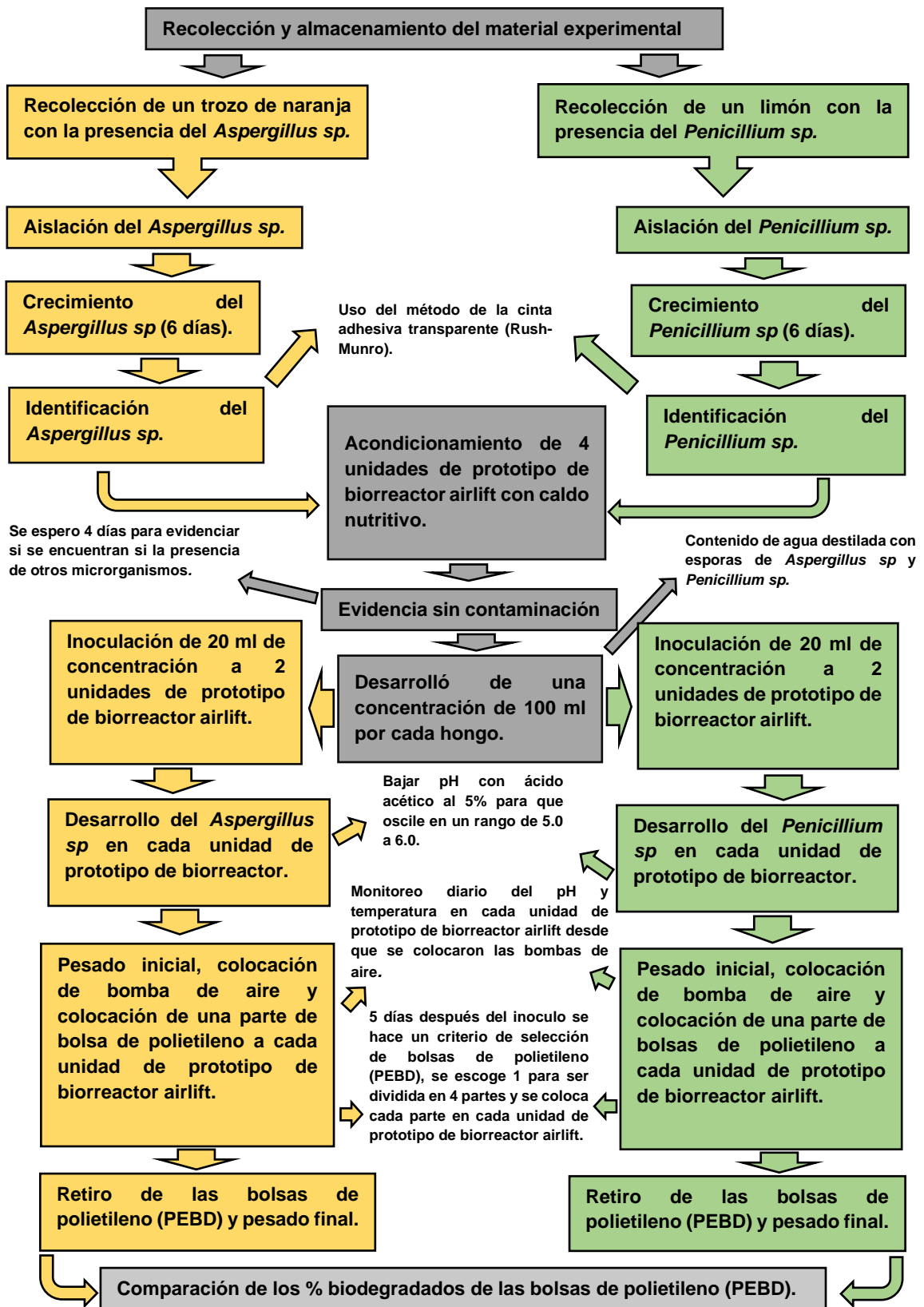


Figura 33. Diagrama del procedimiento para la biodegradación de las bolsas de polietileno (PEBD).

Fuente: Elaboración propia

### **3.6. Método de análisis de datos**

En cuanto al método de análisis de datos de esta investigación, se usó el análisis estadístico descriptivo, ya que la información registrada en las fichas de toma de datos de los procesos de biodegradación fue tabulada en una hoja de cálculo de Microsoft Excel 2021, donde se presentaron tablas y gráficos de los datos recopilados.

### **3.7. Aspectos éticos**

En el desarrollo de esta investigación se ha tomado en cuenta los criterios que se usaron en los antecedentes para que tenga autenticidad, publicados en revistas científicas, repositorios y documentos, y sea verídico en los respectivos análisis que serán ejecutados dentro de los laboratorios de la Universidad César Vallejo, esto sin alterar los resultados obtenidos, demostrando así resultados de vital importancia, por otra parte, la información utilizada será citada correctamente basándose en la norma ISO 690, respetando el derecho de los autores de dicha información y también respetando el % permitido en el software Turnitin.

#### IV. RESULTADOS

Ubicación del área de estudio para extracción de material experimental.

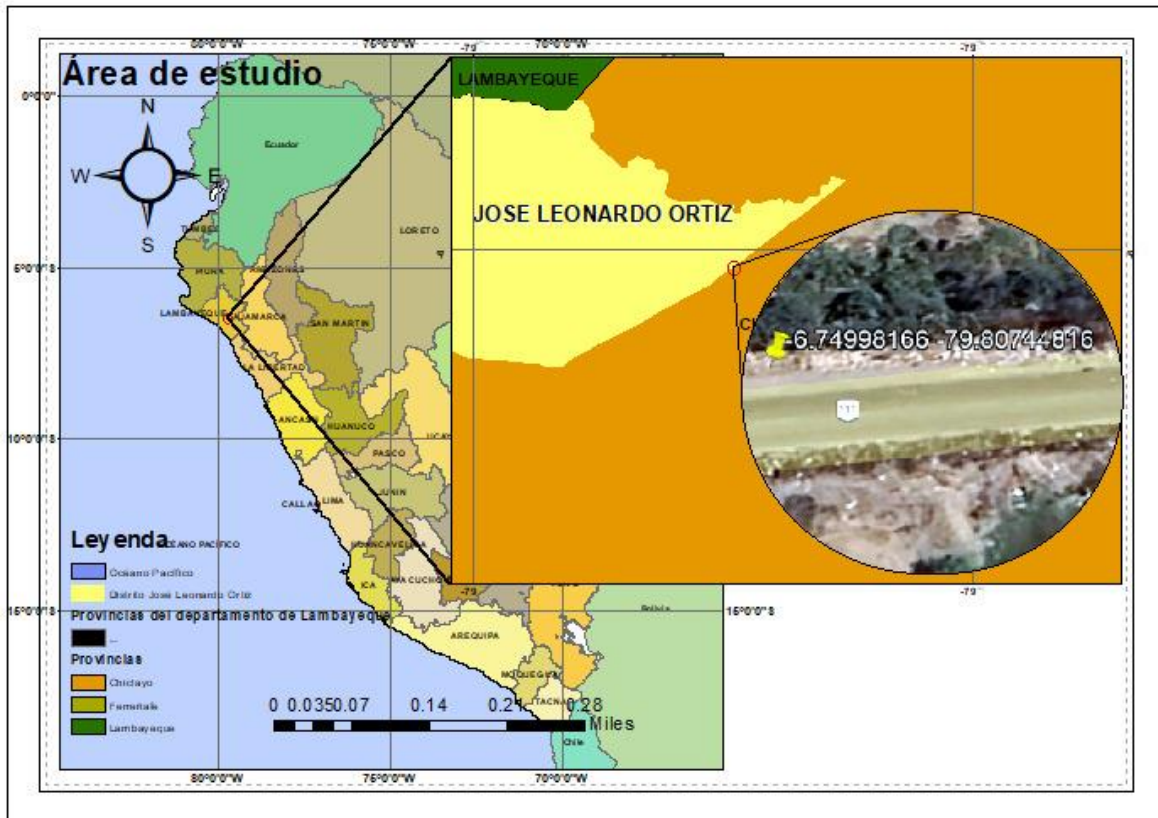


Figura 34. Área de estudio.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 34 se observa el área de estudio ubicada en el límite noreste del pueblo joven San Borja (Lat: - 6.74998166 y Long: - 79.8074481680744816) perteneciente al distrito José Leonardo Ortiz – provincia de Chiclayo, esta área fue seleccionada por conveniencia para la recolección de la muestra, ya que es un punto que se utiliza como botadero ilegal donde terminan gran cantidad de los residuos sólidos de la población aledaña y pobladores de paso de otras zonas.

A continuación, se detallarán los resultados obtenidos de la presente investigación.

1. Teniendo en cuenta el primer objetivo: Recolectar y almacenar el material experimental.

### 1.1 Recolección del material experimental.



*Figura 35.* Recolección de la muestra en el área de estudio y rotulado de la bolsa ziploc.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 35 se observa el proceso de recolección para obtener la muestra de estudio que fue un total de 88 bolsas de polietileno (PEBD) con las siguientes características: Brillosidad, flexibilidad y poco opacas en transparencia, luego la muestra se colocó en una bolsa ziploc de un kilogramo y se rotuló indicando la cantidad de bolsas, fecha de recolección y el tipo de plástico con las características antes especificadas.

### 1.2 Almacenamiento del material experimental.



*Figura 36.* Separación de las bolsas de polietileno (PEBD).

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 03.** Tipo de polímero, características, cantidad rotas y no rotas de las bolsas de polietileno (PEBD).

Tipo de polímero	Características	Cantidad no rotas	Cantidad rotas
PEBD	Las bolsas de PEBD se caracterizan por su flexibilidad, brillo y poca opaca en transparencia.	64 bolsas de PEBD	24 bolsas de PEBD

Fuente: Elaboración propia.



Figura 37. Lavado de bolsas de polietileno (PEBD) y guardado en recipiente de vidrio con alcohol.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 36 y 37 se observa el proceso después de haber colocado la muestra de 88 de bolsas de polietileno (PEBD) en la bolsa ziploc, esta muestra se llevó a la casa que se encuentra situada en la calle las Colinas 157 ubicada en la Lat: -6.7601629 y Long: -79.82422773, luego se usó un criterio de selección en las bolsas de polietileno (PEBD), donde se descartó 24 rotas y seleccionó 64 no rotas como se observa en la figura 36 y tabla 03, luego se lavaron las bolsas seleccionadas con agua destilada, después se guardaron en un recipiente de vidrio con alcohol de 70° por un periodo de 8 días y seguidamente se volvieron a lavar con agua destilada y se guardaron en el recipiente de vidrio.



2. Teniendo en cuenta el segundo objetivo: Aislar e identificar *el Aspergillus sp* de un trozo de naranja en descomposición.

2.1 Recolección de un trozo de naranja con presencia del *Aspergillus sp* de la planta de valorización de residuos sólidos orgánicos de la Municipalidad Provincial de Chiclayo (PVRSMPC).



Figura 38. Recolección de un trozo de naranja con presencia del *Aspergillus sp*.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 38 se observa la recolección de un trozo de naranja en descomposición que se encontraba en la planta de valorización de residuos sólidos orgánicos de la Municipalidad Provincial de Chiclayo, donde la muestra se colocó en un vaso de recolección de muestra, esta muestra se seleccionó porque evidenciaba la presencia del hongo que se requiere para el presente trabajo de investigación.

2.2 Aislamiento del *Aspergillus sp* de un trozo de naranja en el laboratorio de LDP Perú (laboratorio fitopatológico).

**Tabla 04.** Medio de cultivo, muestra, tiempo, temperatura e incubación de *Aspergillus sp*.

Microorganismo	Tipo de muestra	Medio de cultivo	Temperatura	Tiempo de incubación
<i>Aspergillus sp</i>	Trozo de naranja en descomposición.	PDA	25 a 28°C	144 horas (6 días)

Fuente: Laboratorio de LDP Perú.

En la tabla 04 se describe el medio de cultivo usado, temperatura y tiempo de incubación previa a la identificación microscópica, donde se preparó un medio de cultivo PDA para que se pueda desarrollar el *Aspergillus sp*, para ello, se usó placas petri esterilizadas, luego se les colocó 20 ml medio de cultivo PDA, se esperó 24 horas y se inoculo micelio del *Aspergillus sp*, después el medio de cultivo inoculado se envolvió en papel craft y se colocó en un horno de laboratorio por 144 horas (6 días).

2.3 Identificación microscópica del *Aspergillus sp* de un trozo de naranja en el laboratorio de LDP Perú (laboratorio fitopatológico).

**Tabla 05.** Color y características microscópicas del *Aspergillus sp* observadas mediante el lente de 40X de un microscopio del laboratorio de LDP Perú.

Micorganismo	Características
<i>Aspergillus sp</i>	El microorganismo identificado pertenece al género <i>Aspergillus</i> , en las placas petri se evidencio en la parte del micelio un color negro característico de los <i>Aspergillus sp</i> de la sección <i>Nigri</i> y por medio del microscopio se encontraron las siguientes características: conidios irregulares, vesícula globosa, conidióforo liso y cabeza aspergilar biseriada radial.

Fuente: Laboratorio de LDP Perú.

En la tabla 05 se describe las características encontradas por el laboratorio de LDP Perú de manera directa en las placas petri, indicando en la pigmentación un color negro y de manera microscópica propiedades propias de un *Aspergillus sp* como conidios, vesícula, conidióforo y cabeza.

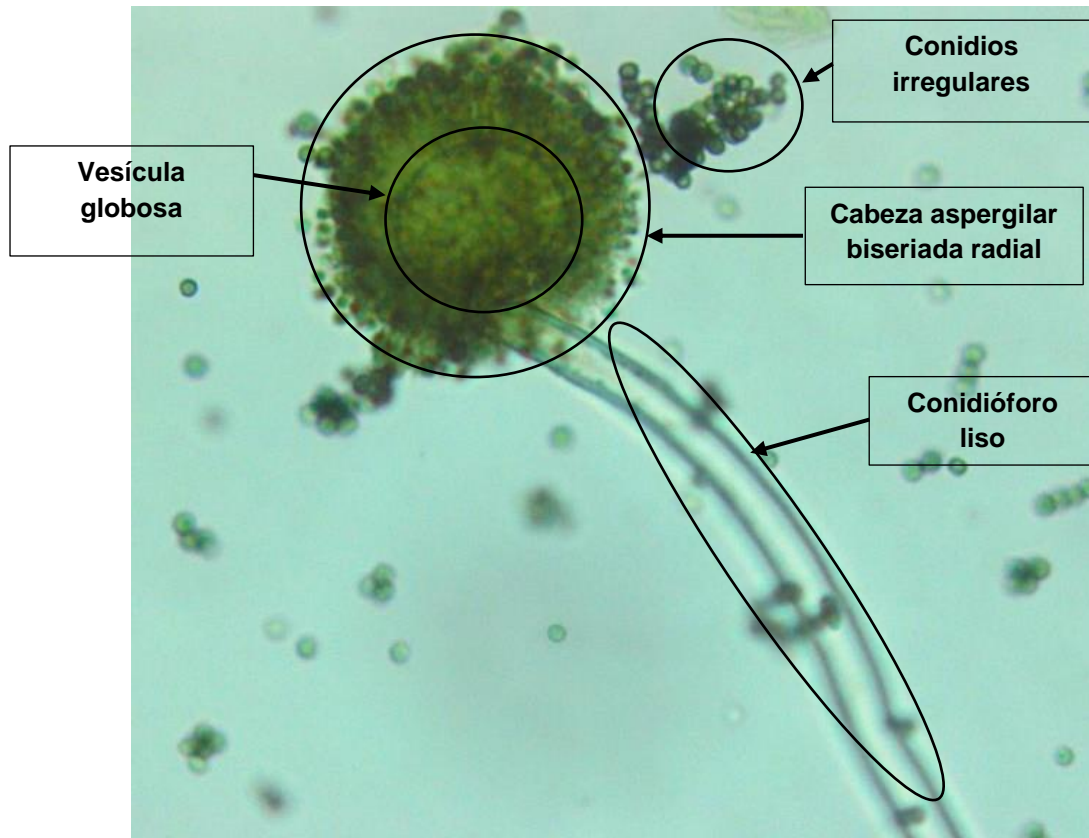


Figura 39. Características microscópicas del *Aspergillus sp.*

Fuente: Imagen microscópica de Laboratorio de LDP Perú.

En la figura 39 se describe las características microscópicas observadas del *Aspergillus sp* mediante un lente de 40X de un microscopio usando la técnica de montaje directo o técnica de la cinta adhesiva, donde las características microscópicas evidenciadas son propias de un *Aspergillus sp.*

3. Teniendo en cuenta el tercer objetivo: Aislar e identificar *el Penicillium sp* de un limón en descomposición.

3.1 Recolección de un limón con presencia del *Penicillium sp* de la planta de valorización de residuos sólidos orgánicos de la Municipalidad Provincial de Chiclayo (PVRSMPC).



Figura 40. Recolección de un limón con presencia del *Penicillium sp*.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 40 se observa la recolección de un limón en descomposición que se encontraba en la planta de valorización de residuos sólidos orgánicos de la Municipalidad Provincial de Chiclayo, donde la muestra se colocó en un vaso de recolección de muestra, esta muestra se seleccionó porque evidenciaba la presencia del hongo que se requiere para el presente trabajo de investigación.

3.2 Aislamiento del *Penicillium sp* de un limón en el laboratorio de LDP Perú (laboratorio fitopatológico).

**Tabla 06.** Medio de cultivo, muestra, tiempo, temperatura e incubación de *Penicillium sp*.

Microorganismo	Tipo de muestra	Medio de cultivo	Temperatura	Tiempo de incubación
<i>Penicillium sp</i>	Un limón en descomposición.	PDA	25 a 28°C	144 horas (6 días)

Fuente: Laboratorio de LDP Perú.

En la tabla 06 se describe el medio de cultivo usado, temperatura y tiempo de incubación previa a la identificación microscópica, donde se preparó un medio de cultivo PDA para que se pueda desarrollar el *Penicillium sp*, para ello, se usó placas Petri esterilizadas, luego se les colocó 20 ml medio de cultivo PDA, se esperó 24 horas y se inoculo micelio del *Penicillium sp*, después el medio de cultivo inoculado se envolvió en papel craft y se colocó en un horno de laboratorio por 144 horas (6 días).

### 3.3 Identificación microscópica del *Penicillium sp* de un limón en el laboratorio de LDP Perú (laboratorio fitopatológico).

**Tabla 07.** Color y características microscópicas del *Penicillium sp* observadas mediante el lente de 40X de un microscopio del laboratorio de LDP Perú.

Microorganismo	Características
<i>Penicillium sp</i>	El microorganismo identificado pertenece al género <i>Penicillium</i> , en las placas petri se evidencio en la parte del micelio un color verde característico de los <i>Penicillium sp</i> y por medio del microscopio se encontró una estructura ramificada similar a un pincel, en esta estructura se observó las siguientes características: conidios en cadena de forma irregulares, fiálides acerosas, métulas cortas, ramas, ramillas y conidióforo cuadriverticilados.

Fuente: Laboratorio de LDP Perú.

En la tabla 07 se describe las características encontradas por el laboratorio de LDP Perú de manera directa en las placas petri, indicando en la pigmentación un color verde y de manera microscópica propiedades propias de un *Penicillium sp* como conidios, fiálides, métula, ramas, ramillas y conidióforo.

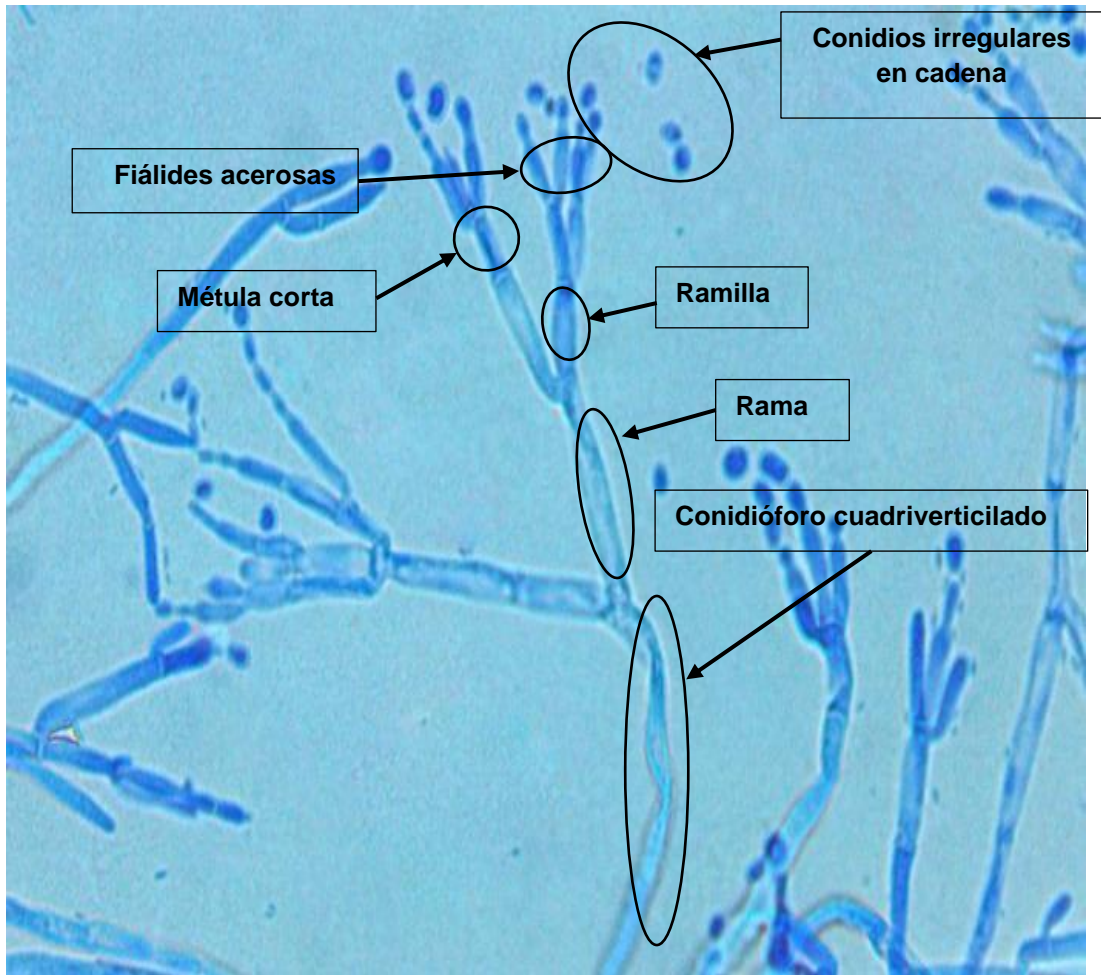


Figura 41. Características microscópicas del *Penicillium sp.*

Fuente: Imagen microscópica de Laboratorio de LDP Perú.

En la figura 41 se describe las características microscópicas observadas del *Penicillium sp* mediante un lente de 40X de un microscopio usando la técnica de montaje directo o técnica de la cinta adhesiva, donde las características microscópicas evidenciadas son propias de un *Penicillium sp.*

4. Teniendo en cuenta el cuarto objetivo: Elaborar y usar un prototipo de biorreactor airlift a escala de laboratorio para el proceso de biodegradación por acción del *Aspergillus sp* y *Penicillium sp*.

4.1 Elaboración de un prototipo de biorreactor airlift a escala de laboratorio.

**Tabla 08.** Características del prototipo de biorreactor airlift a escala de laboratorio.

Tipo de prototipo de birreactor	Características
Biorreactor airlift	El biorreactor elaborado a escala de laboratorio consta de un frasco de vidrio cuadrado que tiene 11.4 cm de ancho y diámetro, una altura de 27 cm, una longitud de 13.4 cm, profundidad de 25 cm, con capacidad de 2.1 litros y un pequeño orificio en el centro de la tapa. En el medio de cultivo liquido consta de 9.10 gramos de un caldo nutritivo diluido con 700 mililitros de agua destilada y en la aireación se usó una venoclis que está unida a una bomba de aire de pecera de doble salida de 5w con flujo de aire 2x4L / min y presión de 0.02 MPa.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 08 se describe las características que tiene cada unidad de prototipo de biorreactor que se usó para el desarrollo del *Aspergillus sp* y *Penicillium sp* en la biodegradación de las 4 partes de una bolsa de polietileno (PEBD).

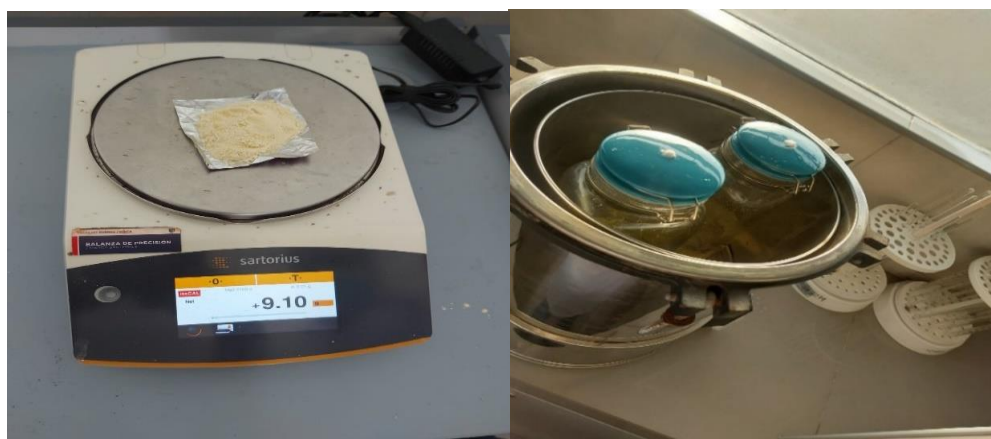


Figura 42. Cantidad del caldo nutritivo y previo acondicionamiento del prototipo de biorreactor airlift.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 43. Colocación de bombas de aire de pecera.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 42 se observa el acondicionamiento previo con el caldo nutritivo y esterilización en autoclave, y en la figura 43 se observa la colocación de bombas de aire de una pecera con la venocllisis introducida en cada unidad de biorreactor airlift.

4.2 Uso de un prototipo de biorreactor airlift a escala de laboratorio para el proceso de biodegradación por acción del *Aspergillus sp* y *Penicillium sp*.



Figura 44. Inoculación de cepas de *Aspergillus sp* y *Penicillium sp*.

Fuente: Elaboración propia



En la figura 44 se observa la inoculación del *Aspergillus sp* y *Penicillium sp* en cada unidad de prototipo de biorreactor airlift dentro de una campana de extracción.



Figura 45. Selección de una bolsa de polietileno (PEBD) y su pesado en una balanza analítica.

Fuente: Elaboración propia.

**A - B.1**

**A - B.2**



**P - B.1**

**P - B.2**

Figura 46. Pesado inicial de cada parte de la bolsa de polietileno (PEBD).

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 45 se observa la bolsa de polietileno seleccionada con su peso total en gramos y en la figura 46 se observa la bolsa de polietileno (PEBD) dividida en 4 partes con el peso inicial para ser biodegrada en cada unidad de prototipo de biorreactor airlift, donde las 2 partes de 0.20 gramos se usaron para *Aspergillus sp* y las otras 2 partes de 0.18 a *Penicillium sp*.



Figura 47. Prototipo de biorreactor airlift con cada parte de la bolsa de polietileno (PEBD).

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 47 se observa cada unidad de prototipo de biorreactor airlift en funcionamiento con los hongos y las 4 partes divididas de una bolsa de polietileno (PEBD).

**Tabla 09.** Condición térmica de cada unidad del prototipo de biorreactor airlift.

Microrganismo	<i>Aspergillus sp</i>		<i>Penicillium sp</i>	
N.º biorreactor	B.1	B.2	B.1	B.2
Temperatura del día 1	24.5 °C	24.5 °C	24.3 °C	24.2 °C
Temperatura del día 2	24.6 °C	24.5 °C	24.6 °C	24.7 °C
Temperatura del día 3	24.3 °C	25.8 °C	24.4 °C	23.9 °C
Temperatura del día 4	24.3 °C	23.5 °C	24.7 °C	24.3 °C
Temperatura del día 5	24.1 °C	24.1 °C	24.1 °C	24.1 °C
Temperatura del día 6	25.1 °C	25.1 °C	25.1 °C	25.1 °C
Temperatura del día 7	24.2 °C	25.2 °C	24.6 °C	24.2 °C
Temperatura del día 8	25.1 °C	24.9 °C	24.8 °C	25.3 °C
Temperatura del día 9	25.6 °C	24.7 °C	24.6 °C	24.6 °C

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 09 se muestran los datos obtenidos de la temperatura de cada unidad de biorreactor airlift durante el periodo de 9 días, cabe mencionar que los datos de temperatura estuvieron a condiciones ambiente.

**Tabla 10.** *Potencial de hidrógeno (pH) inicial y final de cada unidad del prototipo de biorreactor airlift.*

N.º biorreactor	<i>Aspergillus sp</i>				<i>Penicillium sp</i>			
	B.1		B.2		B.1		B.2	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
<b>pH del día 0</b>	6.07	5.0	6.07	5.0	6.07	5.0	6.07	5.0
<b>pH del día 1</b>	5.65	-	5.29	-	5.35	-	5.37	-
<b>pH del día 2</b>	7.93	5.78	8.34	5.66	8.48	5.74	8.58	5.87
<b>pH del día 3</b>	8.22	5.53	8.38	5.25	8.11	5.45	8.09	5.43
<b>pH del día 4</b>	8.32	5.35	8.34	5.09	6.42	5.16	8.30	5.22
<b>pH del día 5</b>	8.01	-	8.01	-	8.01	-	8.01	-
<b>pH del día 6</b>	8.01	-	8.01	-	8.01	-	8.01	-
<b>pH del día 7</b>	8.53	5.63	8.42	5.55	8.20	5.39	8.36	5.43
<b>pH del día 8</b>	8.93	5.36	8.83	5.34	8.50	5.31	8.68	5.29
<b>pH del día 9</b>	7.37	-	8.41	-	6.28	-	7.27	-

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 10 se muestran los datos obtenidos del pH de cada unidad de biorreactor airlift durante todo monitoreo, donde inicialmente se reguló el pH con ácido acético al 5% porque el caldo nutritivo se excedió del rango de 5 a 6, luego desde el día 1 que se colocaron las 4 partes de una bolsa de polietileno se monitoreó el pH durante el periodo de 9 días y bajándolo cuando se excedía de un pH de 6 por la fermentación de burbujeo de las bombas aire.

5. Teniendo en cuenta el quinto objetivo: Comparar el porcentaje biodegradado por acción del *Aspergillus sp* y *Penicillium sp* en una bolsa de polietileno (PEBD) dividida en 4 partes.

5.1 Comparación de los datos obtenidos de la biodegradación por la acción del *Aspergillus sp* y *Penicillium sp* en las 4 partes divididas de la bolsa de polietileno (PEBD).

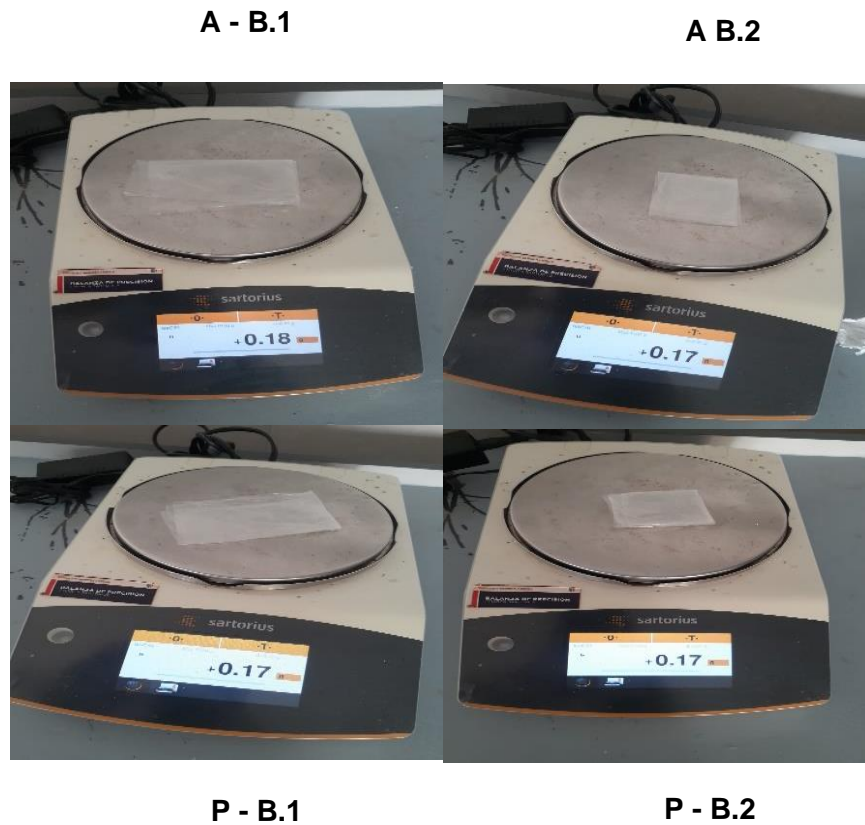


Figura 48. Pesado final de cada parte de la bolsa de polietileno (PEBD).

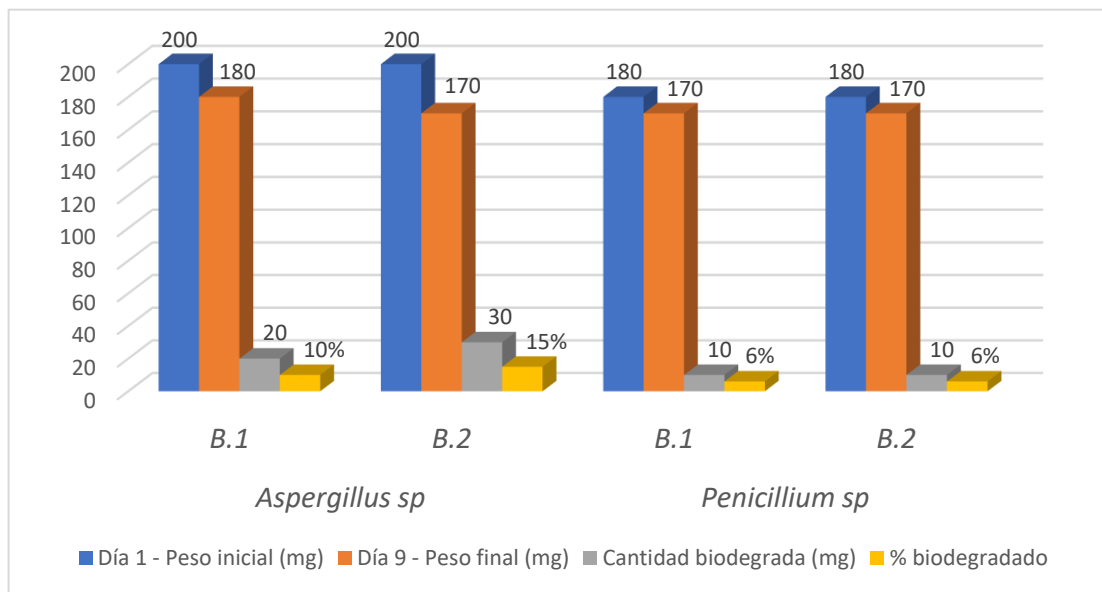
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 48 se evidencia la balanza analítica con el peso final en gramos de las 4 partes de la bolsa de polietileno seleccionada después de un periodo de 9 días en cada unidad de prototipo de biorreactor airlift, mostrando así diferencia de disminución del peso inicial.

**Tabla 11.** Resultados de la biodegradación en de cada unidad del prototipo de biorreactor airlift.

Microorganismo	<i>Aspergillus sp</i>		<i>Penicillium sp</i>	
Tipo de polímero	Polietileno de baja densidad (PEBD)			
N.º biorreactor	B.1	B.2	B.1	B.2
Día 1 – Peso inicial (mg)	200	200	180	180
Día 9 – Peso final (mg)	180	170	170	170
Cantidad biodegrada (mg)	20	30	10	10
% biodegradado	10%	15%	6%	6%

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 49.** Biodegradación de las 4 partes divididas de la bolsa de polietileno (PEBD).

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 11 y figura 49 se muestran los datos obtenidos del peso inicial y final de las 4 partes de una bolsa de polietileno (PEBD) convertidos a miligramos con la fórmula 1 que se encuentra en la parte de procedimientos, donde se evidencia que hubo una mayor biodegradación por parte del *Aspergillus sp* en el B.2 con 15 % y B.1 con 10 % a comparación del *Penicillium sp* que tuvo una menor biodegradación en el B.1 y B.2 con 6 %.

## V. DISCUSIÓN

Para la recolección de la muestra de bolsas de polietileno (PEBD) en la bolsa ziploc se usó un muestreo no probabilístico por conveniencia, ya que se seleccionó un área que se usa como botadero ilegal de residuos sólidos ubicado en el límite noreste del pueblo joven San Borja que pertenece al distrito José Leonardo Ortiz. Por lo cual concordamos con Mostajo et al., (2021), donde ellos recolectaron muestras de restos de bolsas de polietileno del botadero municipal del distrito de Sicuani de la provincia de Canchis-Cusco a diferencia que ellos almacenaron las muestras en frascos estériles, de igual manera que Gutiérrez (2019), donde recolecto muestras de bolsas y botellas de polietileno (PEBD) del botadero municipal de la ciudad de Tacna.

En cuanto al aislamiento del *Aspergillus sp*, se recolectó en un vaso de recolección de muestra un trozo de naranja en descomposición con la presencia del *Aspergillus sp* en la planta de valorización de residuos sólidos orgánicos de la Municipalidad Provincial de Chiclayo. Esto concuerda con Torres, A (2020), donde obtuvo una naranja en putrefacción y que sirvió para aislar al hongo *Aspergillus niger*.

Por otro lado, de acuerdo a los siguientes autores nos mencionan que los hongos *Aspergillus sp* se pueden aislar en cualquier lugar. De acuerdo a ello, Asia et al., (2019), donde recolectaron muestras de agua de mar a 3 metros de la orilla en la costa de Karachi y que sirvió para aislar al hongo *Aspergillus niger*. Como también, Sáenz et al., (2019), donde recolectaron 3 muestras de suelo de puntos diferentes de un manglar de la Isla Santay en Ecuador, y que sirvió para aislar al *Aspergillus niger* y *Aspergillus terreus*. Al igual, Andia y Pérez (2020), recolectaron una muestra de hojas en proceso de degradación, donde se hizo un corte de 1 cm en una hoja y se aisló el hongo *Aspergillus tubigenensis*. Y también, Mostajo et al., (2021), donde recolecto restos de bolsa plásticas del botadero municipal del distrito de Sicuani y Calca, las cepas fueron *Aspergillus flavus*, *Aspergillus orizae* y *Aspergillus fumigatus*.

En cuanto la identificación microscópica de la muestra con presencia del *Aspergillus sp*, se llevó al laboratorio LDP Perú para la identificación del *Aspergillus sp*, donde se utilizó el método de la cinta adhesiva transparente con azul de lactofenol para

ser usada en un microscopio y se observó mediante un lente de 40X las características microscópicas de *Aspergillus sp.* Lo cual se concuerda con, Gutiérrez (2019), donde identificó microorganismos para su investigación usando el método de la cinta adhesiva transparente con azul de metileno diluido con agua destilada en un porta objeto para ser usada en un microscopio y observar mediante lentes de 10X y 40X, donde una de las cepas identificadas fue el *Aspergillus sp.*, esto mediante la observación de las hifas y conidios.

Al igual que también se concuerda con, Torres, A (2020), donde identificó al hongo *Aspergillus niger* con el método de la cinta adhesiva transparente con azul de lactofenol usando un microscopio y observó sus características microscópicas mediante un lente de 100X.

Por otro lado, las características microscópicas encontradas por el laboratorio LDP Perú del *Aspergillus sp* por medio del microscopio fueron conidios radiales irregulares, cabeza aspergilar biseriada, vesícula globosa, conidióforo liso y también evidenciando una pigmentación negra. Lo cual concordamos en las características encontradas con la Organización Panamericana de la Salud (2019), donde indican que las especies de *Aspergillus* de la sección *Nigri* tienen las características ya antes mencionadas como pigmento oscuro, cabeza aspergilar biseriada, aunque en algunos casos cabeza uniseridas, también tienen conidióforos largos y lisos.

En cuanto al aislamiento del *Penicillium sp*, se recolectó en un vaso de recolección de muestra un limón en descomposición con la presencia del *Penicillium sp* en la planta de valorización de residuos sólidos orgánicos de la Municipalidad Provincial de Chiclayo, de acuerdo los siguientes autores concuerdan que los hongos *Penicillium sp* en cualquier lugar se puede aislar. De acuerdo a ello, Khan et al., (2023), donde recolectaron muestras de suelo de vertederos municipales de residuos plásticos en Bhopal, y que sirvieron para el aislamiento del *Penicillium citrinum*. Como también, Sowmya et al., (2015), donde recolectaron una muestra de suelo de un vertedero que se encuentra en el distrito de Shivamogga y que sirvió para aislar el hongo *Penicillium simplicissimum*. Al igual, Oviedo et al., (2021), donde recolectaron muestras de suelos antárticos y que sirvió para el aislamiento

de especies de *Penicillium*. Y también, Asia et al., (2019), donde recolectaron muestras de agua de mar a 3 metros de la orilla en la costa de Karachi y que sirvió para aislar al hongo *Penicillium spp.*

En cuanto la identificación microscópica de la muestra con presencia del *Penicillium sp*, se llevó al laboratorio LDP Perú para la identificación del *Penicillium sp*, donde se utilizó el método de la cinta adhesiva transparente con azul de lactofenol para ser usada en un microscopio y se observó mediante un lente de 40X las características microscópicas de *Penicillium sp*. Y lo cual estamos en concordancia con Gutiérrez (2019) por usar el mismo método, donde logro identificar microorganismos para su estudio usando el método de la cinta adhesiva transparente con azul de metileno diluido con agua destilada en un porta objeto para ser utilizada en un microscopio y observar mediante lentes de 10X y 40X, donde una de las cepas identificadas fue el *Penicillium vanoranjei*, esto mediante la observación de las hifas y conidios.

Por otro lado, las características microscópicas encontradas por el laboratorio LDP Perú del *Penicillium sp* por medio del microscopio fueron conidios irregulares en cadena, fiálides acerosas, métulas cortas, ramillas, ramas, conidióforo cuadriverticilados y también observando un color verde. Esto concuerda con la INSST (2022), donde indica que algunas especies del *Penicillium* tienen pigmentación verde, conidióforos con ramificaciones secundarias y fiálides que brotan en cadenas no ramificadas de conidios

Para el proceso de biodegradación de las 4 partes de bolsa de polietileno (PEBD) durante los 9 días fue necesario elaborar un prototipo de biorreactor airlift a escala de laboratorio, ya que es un sistema que mantiene las condiciones controladas para el desarrollo de microorganismos. Por ello, para elaborar el prototipo de biorreactor airlift fue necesario usar un frasco de vidrio cuadrado, ácido acético, caldo nutritivo, venoclisis y una bomba de aire de pecera, siendo usado este sistema para controlar las condiciones del *Aspergillus sp* y *Penicillium sp* en la biodegradación, a su vez monitoreando el pH y temperatura, y rebajando el pH si se excede de 6 con ácido acético. Lo cual se concuerda con Torres, A (2020), donde elaboró un biorreactor air lift a escala de laboratorio con similares materiales e insumos diferentes, este



sistema fue usado para el desarrollo del *Aspergillus niger* en la biodegradación de 10 láminas de polietileno de baja densidad durante 10 días, donde también se monitoreo pH y temperatura, pero a diferencia se usó ácido clorhídrico para rebajar el pH.

Como también, Hermoza, A (2019), donde elaboró un biorreactor air lift a escala de laboratorio y uso similares materiales e insumos diferente, este sistema sirvió para el desarrollo de la *Pseudomona aeruginosa* y el *Aspergillus Brazilensis* en la biodegradación de concentraciones de 50 mg/L y 100 mg/L de polietileno de baja densidad durante 7 días, donde también se monitoreo la temperatura y pH, pero cada 3 días, en cambio no se rebajó el pH y adicionalmente se monitoreo el oxígeno disuelto.

De acuerdo con los datos obtenidos de biodegradación de una bolsa de polietileno (PEBD) dividida en 4 partes, se evidencio que hubo mayor biodegradación utilizando el *Aspergillus sp*, teniendo resultados en el B. 1 de 10% y B. 2 de 15%, estos datos superiores a comparación de los obtenidos del *Penicillium sp* que fue menor la biodegradación, donde se obtuvo en el B. 1 y B. 2 6%. Estos resultados concuerdan con los estudios desarrollados de Gonzales, V (2020) y Khan et al., (2023), donde en sus investigaciones de manera independiente evidenciaron biodegradación de polietileno de baja densidad utilizando *Aspergillus niger* de 64.67 % y *Penicillium citrinum* de 1,08%, comportamiento comparable y concordable con nuestra investigación de biodegradación.

## VI. CONCLUSIONES

- 1) Para el desarrollo de la presente investigación se recolectó 88 bolsas de polietileno PEBD con características de brillo, flexibilidad y poca opacidad en transparencia, después se escogió 64 bolsas de PEBD que posteriormente se lavaron con agua destilada y guardaron en un recipiente con alcohol de 70° por 8 días para eliminar los microorganismos de no interés, y obteniéndose por criterio de selección 1 bolsa de polietileno (PEBD) para ser biodegradada por los hongos *Aspergillus sp* y *Penicillium sp*.
- 2) En la aislación de *Aspergillus sp* se recolectó un trozo de naranja en descomposición de la planta de valorización de residuos orgánicos de la municipalidad provincial de Chiclayo y el cual fue llevado al laboratorio LDP Perú, donde se aisló e identificó de manera efectiva la cepa de *Aspergillus sp* y que posteriormente se usó para biodegradar las partes de PEBD.
- 3) En la aislación de *Penicillium sp* se recolectó un trozo de limón en descomposición de la planta de valorización de residuos orgánicos de la municipalidad provincial de Chiclayo y el cual fue llevado al laboratorio LDP Perú, donde se aisló e identificó satisfactoriamente la cepa de *Aspergillus sp* y que luego fue usada en la biodegradación del PEBD.
- 4) Para la biodegradación se elaboró y usó biorreactor airlift, el cual tuvo un efectivo funcionamiento al tener una fuente de aireación por una bomba pequeña de pecera, un pH que se estuvo regulando con ácido acético para que oscilase de 5 a 6 para el buen desarrollo del *Aspergillus sp* y *Penicillium sp*, debido a que este incrementa cada 24 horas por la fermentación del burbujeo de la bomba.
- 5) Al comparar el porcentaje biodegradado por acción del *Aspergillus sp* y *Penicillium sp* de la bolsa de polietileno (PEBD) dividida en 4 partes se obtuvo un resultado eficiente, ya que ambos hongos lograron biodegradar las partes de PEBD en un periodo de 9 días, donde se evidenció que el *Aspergillus sp* tiene mayor eficacia de biodegradación con valores del 10 % y 15 %, a comparación del *Penicillium sp* que tuvo valores 6%.

## VII. RECOMENDACIONES

- 1) A los futuros investigadores aumentar el periodo de días que estará la bolsa de polietileno (PEBD) para evidenciar un mayor % de biodegradación por parte del *Aspergillus sp* y *Penicillium sp*.
- 2) A los futuros investigadores usar una cámara de flujo laminar para tener un mejor control y evitar la contaminación por otros microorganismos.
- 3) A los futuros investigadores usar otros tipos de plásticos para ser tratados con *Penicillium sp* y *Aspergillus sp*.
- 4) Los gobiernos locales que implementen o inviertan en investigaciones con sistemas parecidos al nuestro para aprovechar los microorganismos muy comunes que se encuentran en los residuos sólidos y minimizar la problemática de los productos elaborados con polietileno.

## REFERENCIAS

ASIA, Neelam, et al. Fungal degradation of polyethylene bag isolated from coastal environment. International Journal of Biology and Biotechnology, 2019, vol. 16, no 3, p. 687-695. ISSN: 1810-2719. Disponible en: <https://www.cabdirect.org/globalhealth/abstract/20203231420>

AUGUSTYN, Adam. Polyethylene. Encyclopedia Britannica [en línea]. 15 de noviembre de 2019. Disponible en: <https://www.britannica.com/science/polyethylene>

ALBAN, Gladys Patricia Guevara; ARGUELLO, Alexis Eduardo Verdesoto; MOLINA, Nelly Esther Castro. Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). Recimundo, 2020, vol. 4, no 3, p. 163-173. DOI:10.26820/recimundo/4.(3).julio.2020.163-173. Disponible en: <https://www.recimundo.com/index.php/es/article/view/860/1363>

BARTOS, A., KÓCS, J., ANGGONO, J., MÓCZÓ, J. y PUKÁNSZKY, B., 2021. Effect of fiber attrition, particle characteristics and interfacial adhesion on the properties of PP/sugarcane bagasse fiber composites. Polymer Testing, vol. 98, ISSN 0142-9418. DOI 10.1016/j.polymertesting.2021.107189. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0142941821001392>

BUTELER, Micaela. ¿Qué es la contaminación por plástico y por Qué nos afecta a todos? 2019. ISSN: 1668-8848. Disponible en: [https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/109678/CONICET\\_Digital\\_Nro.9fb\\_c68cb-0eb2-4000-b7f6-ac241af6e3f0\\_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/109678/CONICET_Digital_Nro.9fb_c68cb-0eb2-4000-b7f6-ac241af6e3f0_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

BARRIENTOS GARCIA, E., ORTIZ HERNANDEZ, V. H., GRANADOS GONZALEZ, J. G., & MARTÍNEZ LIZAMA, O. A. (2014). DISEÑO DE UN BIORREACTOR AIRLIFT PARA LA PRODUCCION DE ACIDO GIBERÉLICO. 5. Disponible en: <https://pdfcoffee.com/biorreactor-airlift-pdf-free.html>

BIOLOGY READER. Aspergillus. 2018. Disponible en: <https://biologyreader.com/aspergillus.html>

CASTAÑETA, Grover, et al. Microplásticos: un contaminante que crece en todas las esferas ambientales, sus características y posibles riesgos para la salud pública por exposición. *Revista Boliviana de Química*, 2020, vol. 37, no 3, p. 142-157. DOI: 10.34098/2078-3949.37.3.4. Disponible en: [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S025054602020000300005&script=sci\\_ar\\_ttext](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S025054602020000300005&script=sci_ar_ttext)

CASSONE, Bryan J. et al. Role of the intestinal microbiome in low-density polyethylene degradation by caterpillar larvae of the greater wax moth, *Galleria mellonella*. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* [en línea]. 2020, 287(1922), 20200112 [consultado el 25 de mayo de 2023]. ISSN 1471-2954. Doi:10.1098/rspb.2020.0112. Disponible en: <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rspb.2020.0112>

CORDOVA, Sandy. *Aspergillus Niger*. 2020. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/460705122/Aspergillus-niger>

CAHUANA SANCHEZ, Jose Manuel. Comparación de condiciones para la degradabilidad de biopolímero, plásticos oxo-biodegradables y polietileno de baja densidad. 2019. Disponible en: <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/2433>

DEMIRCI, Ebru, et al. Genetic characterization of mutations related to conidiophore stalk length development in *Aspergillus niger* laboratory strain N402. *Frontiers in Genetics*, 2021, vol. 12, p. 666684. doi: 10.3389/fgene.2021.666684. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fgene.2021.666684/full>

DSOUZA, Glen Cletus, et al. Fungal biodegradation of low-density polyethylene using consortium of *Aspergillus* species under controlled conditions. *Heliyon*, 2021, vol. 7, no 5, p. e07008. Disponible en: [https://www.cell.com/heliyon/pdf/S2405-8440\(21\)01111-7.pdf](https://www.cell.com/heliyon/pdf/S2405-8440(21)01111-7.pdf)

ESPINOZA, Ana Luisa y Xitlalli Desideria HERNÁNDEZ. *Aspergillus niger* y sus aplicaciones biotecnológicas. 2021. Disponible en: <https://www.studocu.com/pe/document/instituto-tecnologico-y-de-estudios->

[superiores-de-occidente/laboratorio-de-microbiologia-quimica-general/aspergillus-niger-caracteristicas-morfologicas-macroscopicas-y-microscopicas/17155719](https://www.mdpi.com/1422-0067/21/24/9462)

EL HAJJ ASSAF, Christelle, et al. Regulation of secondary metabolism in the Penicillium genus. International Journal of Molecular Sciences, 2020, vol. 21, no 24, p. 9462. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1422-0067/21/24/9462>

GALAN, Victor, et al. Propagación del banano: técnicas tradicionales, nuevas tecnologías e innovaciones. Revista Brasileira de fruticultura, 2018, vol. 40, p. e-574. ISSN 0100-2945. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/bS5hbygvPH3BWN78ppcGmGz/>

GUTIÉRREZ ALVAREZ, Ana Ivana. Biodegradación de polietileno de baja densidad utilizando hongos, bacterias y consorcios microbianos aislados del botadero municipal de Tacna. 2019. Disponible en: <http://161.132.207.135/handle/20.500.12969/1269>

GONZALES ALCOS, Vicky Cristina. Capacidad biodegradativa de hongos filamentosos frente al polietileno. 2020. Doi.org/10.26788/riepg.v9i3.1625. Disponible en: <http://revistas.unap.edu.pe/epg/index.php/investigaciones/article/view/1625>

GABRIEL-ORTEGA, Julio. Cómo se genera una investigación científica que luego sea motivo de publicación. Journal of the Selva Andina Research Society, 2017, vol. 8, no 2, p. 155-156. ISSN 2072-9294. Disponible en: [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S207292942017000200008&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S207292942017000200008&script=sci_arttext)

HENRÍQUEZ, Aline Isabel Melo. Problemática Ambiental por mal manejo de residuos sólidos domésticos en el Municipio de Galapa. Obtenido de <https://aidisnet.org/wpcontent/uploads/2019/07/463-Colombia-oral.pdf>, 2019. Disponible en: <https://www.aidisnet.org/wp-content/uploads/2019/07/463-Colombia-oral.pdf>

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO, (INSST). Aspergillus spp. 2021. Disponible en: <https://www.insst.es/agentes-biologicos-basebio/hongos/aspergillus-spp>

Infografía - Género *Aspergillus* - OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud. PAHO/WHO | Pan American Health Organization, 2019. Disponible en: <https://www.paho.org/es/documentos/infografia-genero-aspergillus>

KRZAN, Andrej, et al. Standardization and certification in the area of environmentally degradable plastics. *Polymer degradation and stability*, 2006, vol. 91, no 12, p. 2819-2833. doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2006.04.034 Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141391006001996>

KHAN, S. Biodegradation of *polyester polyurethane* by *Aspergillus tubingensis*, 2017. 470p. Doi.org/10.1016/j.envpol.2017.03.012 Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749117300295>

KHAN, Shazia; ALI, Sharique A.; ALI, Ayesha S. Biodegradation of low density polyethylene (LDPE) by mesophilic fungus '*Penicillium citrinum*' isolated from soils of plastic waste dump yard, Bhopal, India. *Environmental Technology*, 2023, vol. 44, no 15, p. 2300-2314. doi.org/10.1080/09593330.2022.2027025 Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09593330.2022.2027025>

KHRUENGSAI, Sarunpron; SRIPAHCO, Teerapong; PRIPDEEVECH, Patcharee. Low-density polyethylene film biodegradation potential by fungal species from Thailand. *Journal of Fungi*, 2021, vol. 7, no 8, p. 594. Doi.org/10.3390/jof7080594 Disponible en: <https://www.mdpi.com/2309-608X/7/8/594>

LATGÉ, Jean-Paul; CHAMILOS, Georgios. *Aspergillus fumigatus* y aspergilosis en 2019. *Revisiones de microbiología clínica*, 2019, vol. 33, nº 1, pág. 10,1128/cmr. 00140-18. DOI: 10.1128/CMR.00140-18. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31722890/>

MINAM. Conclusiones y recomendaciones sobre el Proyecto de ley que propone la postergación del plazo para la entrada en vigencia de la prohibición establecida en el literal c), del numeral 3.3 del artículo 3 de la Ley nº 30884, ley que regula el plástico de un solo uso y los recipientes o envases descartables. 2021. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/2555628-conclusiones-y-recomendaciones-del-minam-para-que-no-se-apruebe-proyecto->

[de-ley-que-plantea-postergacion-del-plazo-de-la-prohibicion-establecida-en-ley-n-30884](#)

MOHANAN, Nisha, et al. Microbial and enzymatic degradation of synthetic plastics. *Frontiers in Microbiology*, 2020, vol. 11, p. 580709. doi: 10.3389/fmicb.2020.580709 Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2020.580709/full>

MOSTAJO-ZAVALETA, Martha N.; AMBUR-SONCCO, Ruth L. Efectividad de *Aspergillus* en la degradación de polietileno: Effectiveness of *Aspergillus* in the degradation of polyethylene. *South Florida Journal of Environmental and Animal Science*, 2022, vol. 2, no 3, p. 234-2. ISSN: 2769-3252 Disponible en: <https://ojs.southfloridapublishing.com/ojs/index.php/sfjeas/issue/view/34>

Ministerio del Ambiente (Minam). (2017). «Cifras del mundo y el Perú». Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/menos-plasticomas-vida/cifras-del-mundo-y-el-peru/>.

OGUNBAYO, A. O.; OLANIPEKUN, O. O.; ADAMU, I. A. Preliminary studies on the microbial degradation of plastic waste using *Aspergillus niger* and *Pseudomonas* sp. *Journal of Environmental Protection*, 2019, vol. 10, no 5, p. 625-631. DOI: 10.4236/jep.2019.105037. Disponible en: <https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=92467>

OPORTO TAPIA, Valeria, et al. Evaluación de la contaminación del aire por microplásticos suspendidos en la zona de La Maica (Cochabamba, Bolivia). *Acta Nova*, 2021, vol. 10, no 2, p. 190-221. ISSN 1683-0789. Disponible en: [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S168307892021000200190&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S168307892021000200190&script=sci_arttext)

OTZEN, Tamara; MANTEROLA, Carlos. Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International journal of morphology*, 2017, vol. 35, no 1, p. 227-232. ISSN 0717-9502. Disponible en: [https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-95022017000100037&script=sci\\_arttext&lng=pt](https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-95022017000100037&script=sci_arttext&lng=pt)

OVIEDO-ANCHUNDIA, Rodrigo, et al. Analysis of the degradation of polyethylene, polystyrene and polyurethane mediated by three filamentous fungi isolated from the



Antarctica. African Journal of Biotechnology, 2021, vol. 20, no 2, p. 66-76. doi.org/10.5897/AJB2020.17200. Disponible en:

<https://academicjournals.org/journal/AJB/article-abstract/7095E9466066>

Purca, S. y Henostroza, A. (2017). «Presencia de microplásticos en cuatro playas arenosas de Perú». Revista Peruana de Biología, 24(1), pp. 101-106. DOI: 10.15381/rpb.v24i1.12724. ISSN 1727-9933. Disponible en:

[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=s172799332017000100012](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s172799332017000100012)

PRIYA, Anshu; DUTTA, Kasturi; DAVEREY, Achlesh. A comprehensive biotechnological and molecular insight into plastic degradation by microbial community. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 2022, vol. 97, no 2, p. 381-390. Doi.org/10.1002/jctb.6675 Disponible en:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jctb.6675>

SOWMYA, H. V., et al. Degradation of polyethylene by *Penicillium simplicissimum* isolated from local dumpsite of Shivamogga district. *Environment, development and sustainability*, 2015, vol. 17, p. 731-745. DOI 10.1007/s10668-014-9571-4 Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10668-014-9571-4>

SIMÓN, Cristina María. TRABAJO DE FIN DE GRADO. 2021. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/483369571.pdf>

SAMPIERI, R.; FERNÁNDEZ, C.; BAPTISTA, L. Definiciones de los enfoques cuantitativo y cualitativo, sus similitudes y diferencias. RH Sampieri, *Metodología de la Investigación*, 2014, vol. 22. Disponible en: [https://www.academia.edu/download/58257558/Definiciones\\_de\\_los\\_enfoques\\_cuantitativo\\_y\\_cualitativo\\_sus\\_similitudes\\_y\\_diferencias.pdf](https://www.academia.edu/download/58257558/Definiciones_de_los_enfoques_cuantitativo_y_cualitativo_sus_similitudes_y_diferencias.pdf)

SÁENZ, Melina et al. Minimal Conditions to Degrade Low Density Polyethylene by *Aspergillus flavus* and *niger*. *Journal of Ecological Engineering* [en línea]. 2019, 20(6), 44–51. doi.org/10.12911/22998993/108699 Disponible en: <https://bibliotekanauki.pl/articles/124967.pdf>

SAILEMA BENALCÁZAR, Daniel Leonardo. Packaging forma-función y la contaminación por empaques a partir de polímeros en la ciudad de Ambato. 2019. Tesis de Licenciatura. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Diseño y Arquitectura. Carrera de Diseño Gráfico Publicitario. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/30255/1/Sailema%20Daniel.pdf>

TETU, Sasha G., et al. Plastic leachates impair growth and oxygen production in *Prochlorococcus*, the ocean's most abundant photosynthetic bacteria. *Communications biology*, 2019, vol. 2, no 1, p. 184. Doi.org /10.1038/s42003-019-0410-x. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s42003-019-0410-x>

TORRES HERRERA, Adrian Alfredo. Efectividad del hongo *Aspergillus niger* en la biodegradación de polietileno de baja densidad. 2020. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/50246>

UNAM-DGAPA-PAPIME PROYECTO PE206620. GÉNERO *PENICILLIUM*. 2021. Disponible

en: [https://masam.cuautitlan.unam.mx/mohos\\_toxigenos\\_unigras/penicillium.html](https://masam.cuautitlan.unam.mx/mohos_toxigenos_unigras/penicillium.html)

VILLENA, Gretty K.; GUTIÉRREZ-CORREA, Marcel. Biopelículas de *Aspergillus niger* para la producción de celulasas: algunos aspectos estructurales y fisiológicos. *Revista peruana de Biología*, 2003, vol. 10, no 1, p. 78-87. ISSN 1727-9933. Disponible

en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S172799332003000100009&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S172799332003000100009&script=sci_arttext&tlng=pt)

VISAGIE, C., YILMAZ, N. y RENAUD, J., 2017. A survey of xerophilic *Aspergillus* from indoor environment, including descriptions of two new section *Aspergillus* species producing eurotium-like sexual states. *Mycology Keys*, vol. 19, pp. 1-30. Disponible

en: [https://mycokeys.pensoft.net/article\\_preview.php?id=11161&skip\\_redirect=1](https://mycokeys.pensoft.net/article_preview.php?id=11161&skip_redirect=1)

ZAMBRANO ARIZPE, Andrea. Evaluación del potencial metabólico para la síntesis microbiana de polihidroxicanoatos en el suroeste del Golfo de México, mediante un análisis metagenómico. 2021. Tesis de Maestría. Tesis (MC)--Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN Unidad Mérida. Departamento de Recursos del Mar. Disponible en:

<https://repositorio.cinvestav.mx/bitstream/handle/cinvestav/3632/SSIT0016699.pdf?sequence=1>

ZHANG, Junqing et al. Biodegradation of polyethylene microplastic particles by the fungus *Aspergillus flavus* from the guts of wax moth *Galleria mellonella*. *Science of The Total Environment* [en línea]. 2020, 704, 135931 [consultado el 21 de mayo de 2023]. ISSN 0048-9697. Doi:10.1016/j.scitotenv. 2019.13593. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969719359261>

ONU Medio Ambiente. Plásticos de un solo uso: Una hoja de ruta para la sostenibilidad. ISBN: 978-92-807-3705-9 Disponible en: [https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/25496/singleUsePlastic\\_S\\_P.pdf?isAllowed=y&sequence=2](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/25496/singleUsePlastic_S_P.pdf?isAllowed=y&sequence=2)

## ANEXOS

### Anexo 01. Operacionalización de variables.

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de medición	
Dependiente	Biodegradación de bolsas plásticas (PEBD)	Krzan et al., (2006). Nos dice que la biodegradación es un proceso de degradación básica de los polímeros de los plásticos en la que pueden sufrir alteración.	La biodegradación de Polietileno de baja densidad (LDPE) se medirá mediante el peso tomado antes y después del tratamiento, para así poder verificar una diferencia de masa.	Masa de las bolsas plásticas (PEBD)	Peso inicial de PEBD	Razón
					Peso final de PEBD	Razón
Independiente	Acción del <i>Aspergillus sp</i> y <i>Penicillium sp</i>	Visagie et al., (2017), menciona que el <i>Aspergillus sp</i> tiene un alto impacto social, económico e industrial por la producción de enzimas y que lo podemos encontrarlo en el polvo de casas, oficinas, y productos alimenticios, Por otro lado, Hajj Assaf et al., (2020), menciona que el <i>Penicillium sp</i> es común, se encuentra en varios hábitats y tiene una distribución mundial e impacto económico en la salud humana.	La eficacia del <i>Aspergillus sp</i> en la biodegradación de polietileno (PEBD) dependerá del acondicionamiento de aireación, el nutriente inicial de caldo nutritivo para su desarrollo, pH y la temperatura.	Condición ambiental y química del <i>Aspergillus sp</i>	Temperatura (°C) pH Aireación	Intervalo Intervalo Razón
				Características del <i>Aspergillus sp</i>	Color Alimentación	Nominal Nominal
				Condición ambiental y química del <i>Aspergillus sp</i>	Temperatura (°C) pH Aireación	Intervalo Intervalo Razón
				Características del <i>Aspergillus sp</i>	Color Alimentación	Nominal Nominal

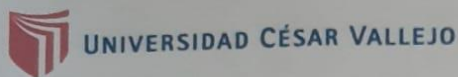
Fuente: Elaboración propia.

**Anexo 02.** Instrumento de recolección de datos.

<b>FICHA DE OBSERVACIÓN</b>			
Investigación	<input type="text"/>		
Observadores	<input type="text"/>		
Asesor	<input type="text"/>		
Lugar	<input type="text"/>		
Fecha	<input type="text"/>		
<b>INFORMACIÓN</b>			
Tipo de polímero	<input type="text"/>	Microorganismo	<input type="text"/>
Medio de cultivo	<input type="text"/>		
Volumen del medio de cultivo	<input type="text"/>	Temperatura	<input type="text"/>
Fecha de inicio	<input type="text"/>	Fecha de fin	<input type="text"/>
pH inicial	<input type="text"/>	pH final	<input type="text"/>
<b>DETERMINACIÓN DE LA PÉRDIDA DE PESO</b>			
Peso inicial		Peso final	
<input type="text"/>		<input type="text"/>	

**Fuente:** Elaboración propia.

**Anexo 03.** Análisis en el laboratorio de la Universidad César Vallejo filial Chiclayo.



**LABORATORIO DE QUÍMICA - FÍSICA**

TIPO DE ANÁLISIS : Análisis físicos  
 USUARIO : Choquehuanca Chinguel, Yonatan / Sandoval Cervera, Migueli  
 N° DE MUESTRA : 20  
 TIPO DE MUESTRA : Caldo nutritivo  
 FECHA DE EMISIÓN : 24 de Noviembre del 2023  
 RESULTADOS : Análisis físicos (pH y temperatura)

Tipo de Muestra	Día	Resultados					
		Biorreactor B1			Biorreactor B2		
		pH inicial	pH final	Temperatura	pH inicial	pH final	Temperatura
<i>Aspergillus sp.</i>	00	6.07	5.0	-	6.07	5.0	-
	01	5.65	-	24.5° C	5.29	-	24.5° C
	02	7.93	5.78	24.6° C	8.34	5.66	24.5° C
	03	8.22	5.53	24.3° C	8.38	5.25	25.8° C
	04	8.32	5.35	24.3° C	8.34	5.09	23.5° C
	05	8.01	-	24.1° C	8.01	-	24.1° C
	06	8.01	-	25.1° C	8.01	-	25.1° C
	07	8.53	5.63	24.2° C	8.42	5.55	25.2° C
	08	8.93	5.36	25.1° C	8.83	5.34	24.9° C
	09	7.37	-	25.6° C	8.41	-	24.7° C
<i>Penicillium sp.</i>	00	6.07	5.0	-	6.07	5.0	-
	01	5.35	-	24.3° C	5.37	-	24.2° C
	02	8.48	5.74	24.6° C	8.58	5.87	24.7° C
	03	8.11	5.45	24.4° C	8.09	5.43	23.9° C
	04	6.42	5.16	24.7° C	8.30	5.22	24.3° C
	05	8.01	-	24.1° C	8.01	-	24.1° C
	06	8.01	-	25.1° C	8.01	-	25.1° C
	07	8.20	5.39	24.6° C	8.36	5.43	24.2° C
	08	8.50	5.31	24.8° C	8.68	5.29	25.3° C
	09	6.28	-	24.6° C	7.27	-	24.6° C

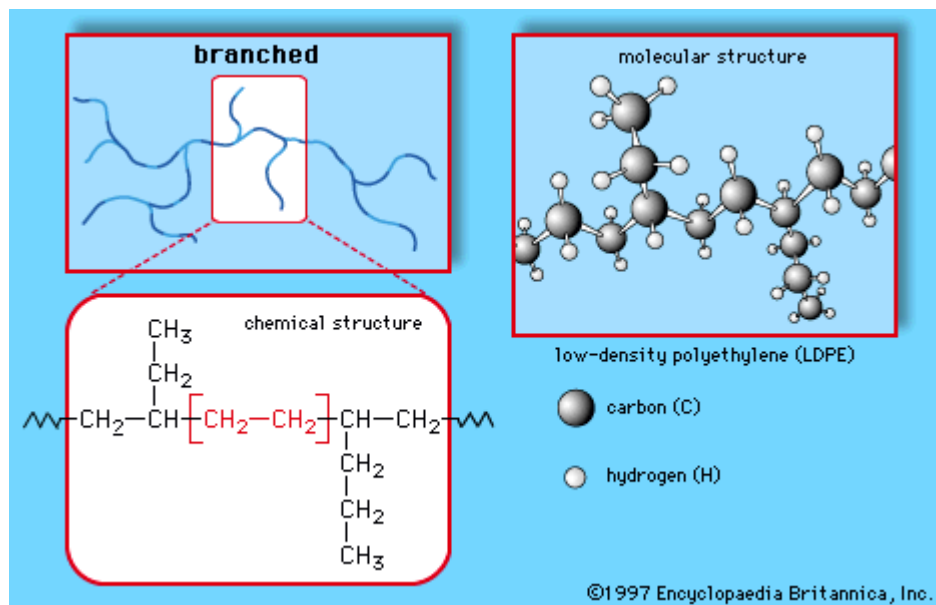
Ing. María Sayuri A. Moran Flores  
 ESPECIALISTA AMBIENTAL  
 CIP: N° 255879  
 LABORATORIO DE QUÍMICA - FÍSICA  
 ING. MARIA SAYURI A. MORAN FLORES  
 CIP: 255879

UCV, licenciada para que puedas salir adelante.



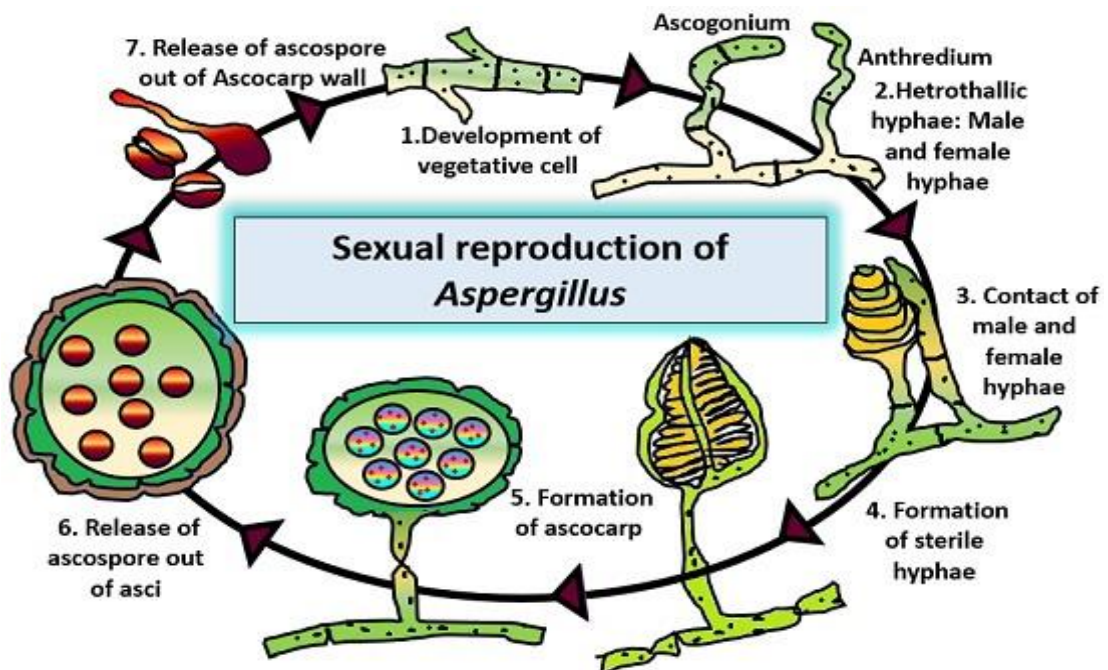
**Fuente:** Laboratorio de química – física.

**Anexo 05.** Forma ramificada de polietileno, conocida como polietileno de baja densidad (PEBD).



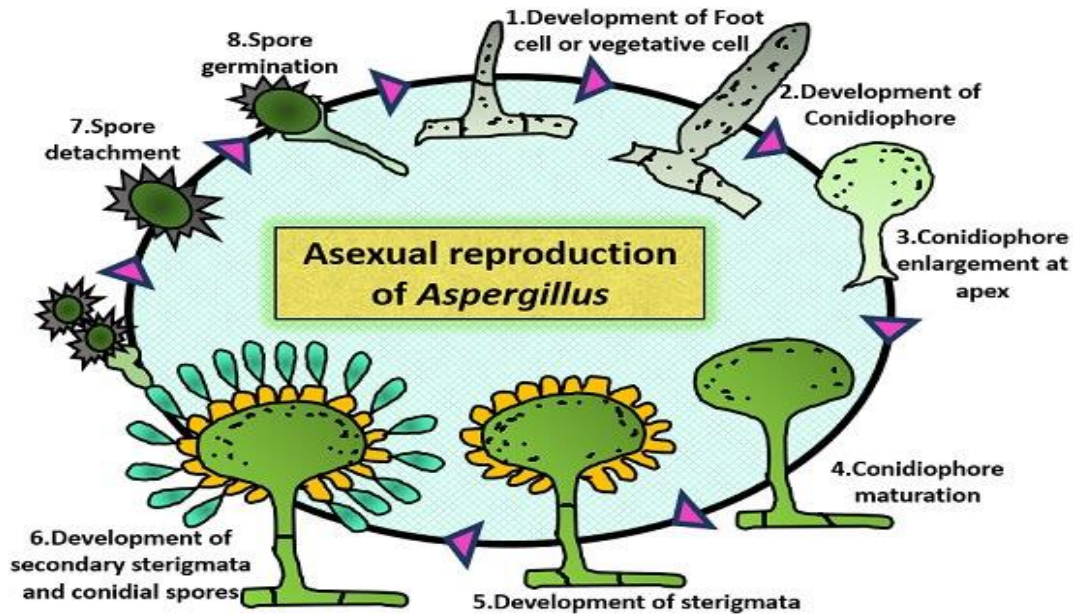
Fuente: Encyclopedia Britannica (2019).

**Anexo 06.** Reproducción sexual del *Aspergillus Ssp.*



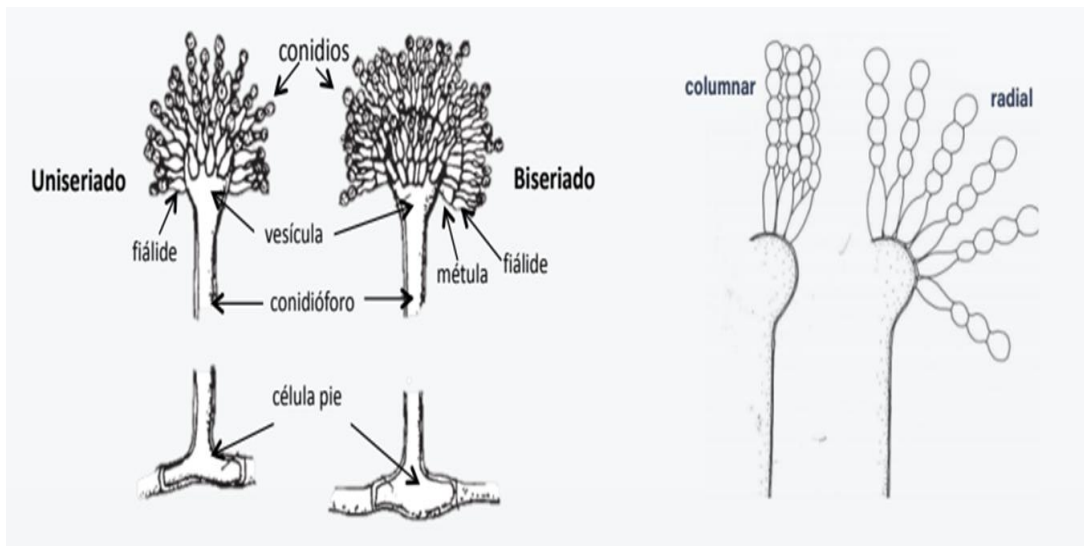
Fuente: BIOLOGY READER (2018).

### Anexo 07. Reproducción asexual del *Aspergillus* Ssp.



Fuente: *BIOLOGY READER* (2018).

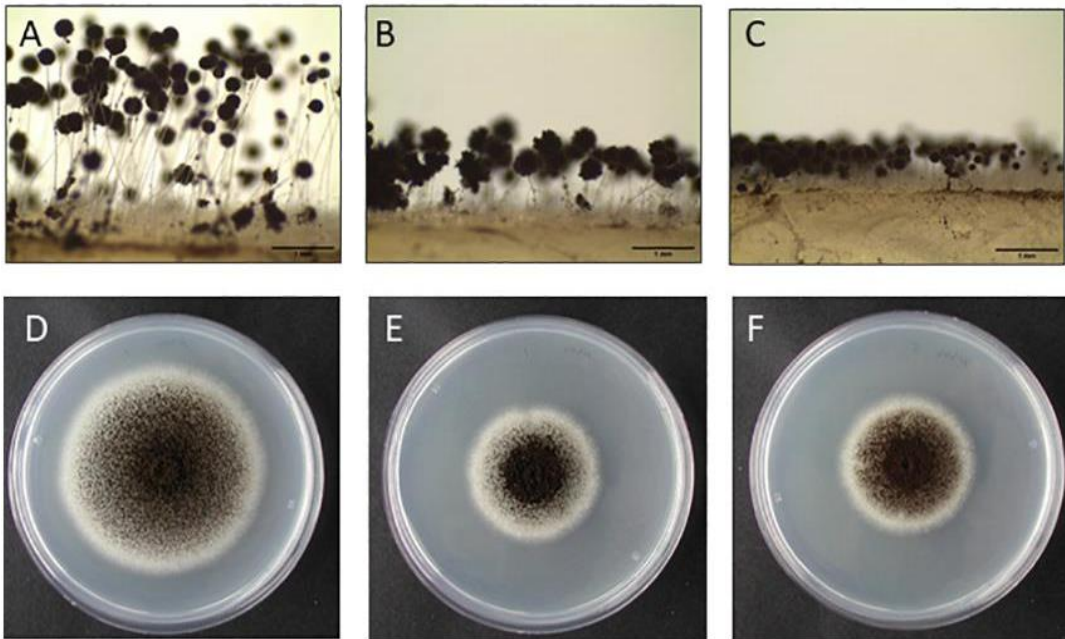
### Anexo 08. Estructura microscópica del género *Aspergillus*.



Fuente: Organización Panamericana de la Salud (2019).

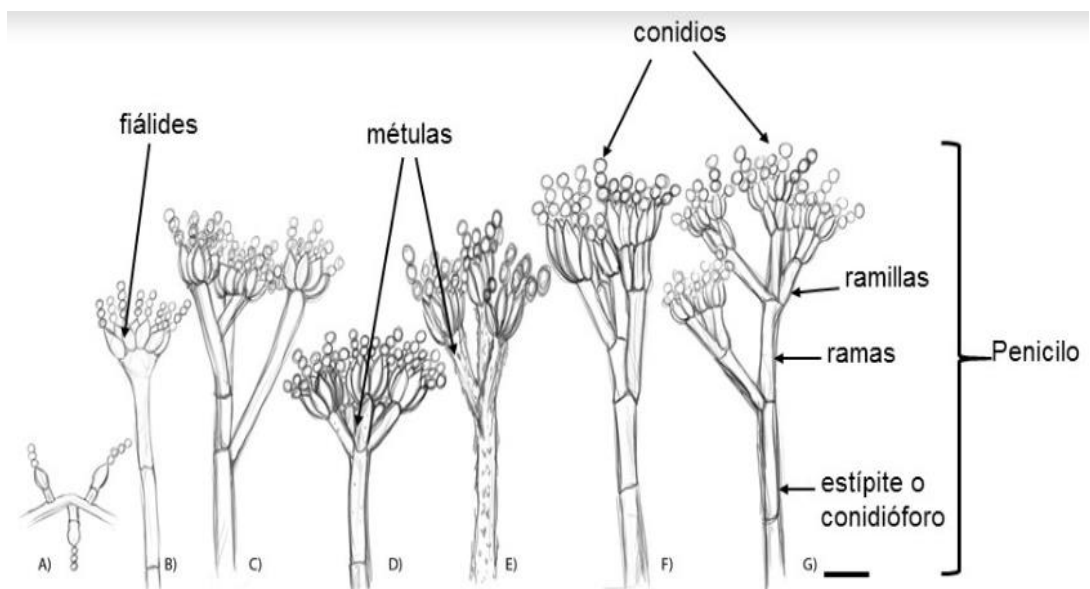


**Anexo 09.** Cepas de *Aspergillus niger*.



Fuente: Demirci et al., (2021).

**Anexo 10.** Estructura microscópica del género *Penicillium*.



A). Conidióforos con fiálides solitarias. B). Monoverticilados. C). Divaricado. D-E). Biverticilado. F). Terverticilado. G). Cuadriverticilado. Barra de escala 10  $\mu$ m.

Fuente: UNAM (2021).

**Anexo 11.** Informe de resultados de identificación del *Aspergillus sp* y *Penicillium sp* en el laboratorio LDP Perú.

**LDP PERU**

RUC: 20608154788

Servicio de Experimentación, Diagnóstico, Capacitación y Asesoría en Sanidad Vegetal Mz. A. Lote 11. Urb. Sol de la Alameda Real. Lambayeque – Los Portales; Cel: 942832761/990513561, E. mail: [laboratorio@ldpperu.com](mailto:laboratorio@ldpperu.com)/ [ldpperu2021@gmail.com](mailto:ldpperu2021@gmail.com).



---

**ANÁLISIS MICOLÓGICO DE FRUTOS DE CITRICOS.**

**1. DATOS GENERALES:**

**1.1 Solicitante:**

- Sandoval Cervera, Migueli
- Choquehuanca Chiguel, Yonatan

**1.2 Cultivo:** Limón y naranja.

**1.3 Muestra:** Frutos con signo

**1.4 Procedencia:** Planta de valorización de residuos sólidos de la Municipalidad Provincial de Chiclayo.

**1.5 Fecha de recepción de muestras:** Martes 10 de octubre del 2023.

**1.6 Fecha de análisis:** 10/10 – 18/10/2023.

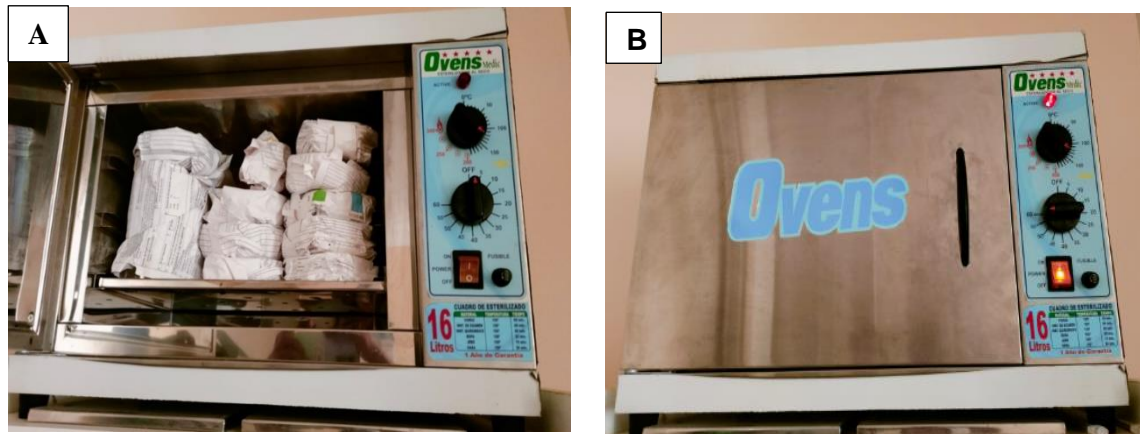
**1.7 Analizado:** Ing. Agr. Fernando Rojas de la Cruz/ Ing. Yulisa Velasco Peña.

**2. METODOLOGÍA.**

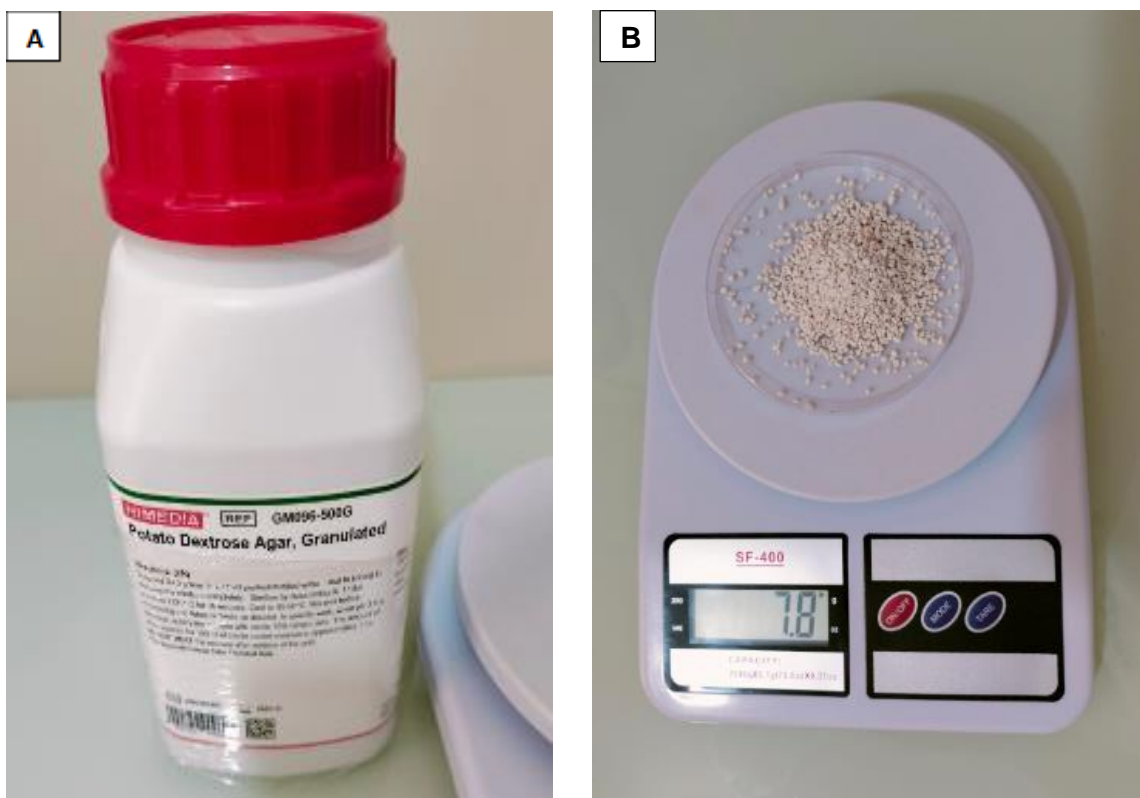
**1.1. Análisis micológico en laboratorio.**

- Análisis de frutos de limón y naranja en medio Papa -Dextrosa – Agar (PDA), para el aislamiento de hongos como *Aspergillus sp* y *Penicillium sp*.
- Incubación de placas Petri al medio ambiente (25 a 28°C).
- Montaje directo.
- Caracterización de los síntomas.
- Identificación morfológica de hongos patógenos.

- **PROCEDIMIENTO.**



**Figura 1:** Esterilización de las placas Petri a temperatura de 150 °C por 60 minutos.



**Figura 2:** Preparación del medio; **A.** Medio de cultivo Papa Dextrosa Agar granulado; **B.** Se peso 7.8 de medio para preparar 200 ml; se colocó en matraz Erlenmeyer de 250 ml de capacidad.



**Figura 3:** **A.** Para su esterilización, se sometió durante 20 minutos en autoclave a 120 °C y 15 lb de presión; **B.** Se vació 20 ml en placas Petri de 90 mm estériles, en condiciones asépticas y se dejó enfriar y solidificar a temperatura ambiente durante 24 h.



**Figura 4:** Sembrado; **A y B.** La muestra se sembró por micelio.



**Figura 5:** Se encubo por 6 días a temperatura de 25 a 28°C.

Frutos recepcionados.

MUESTRA



MUESTRA

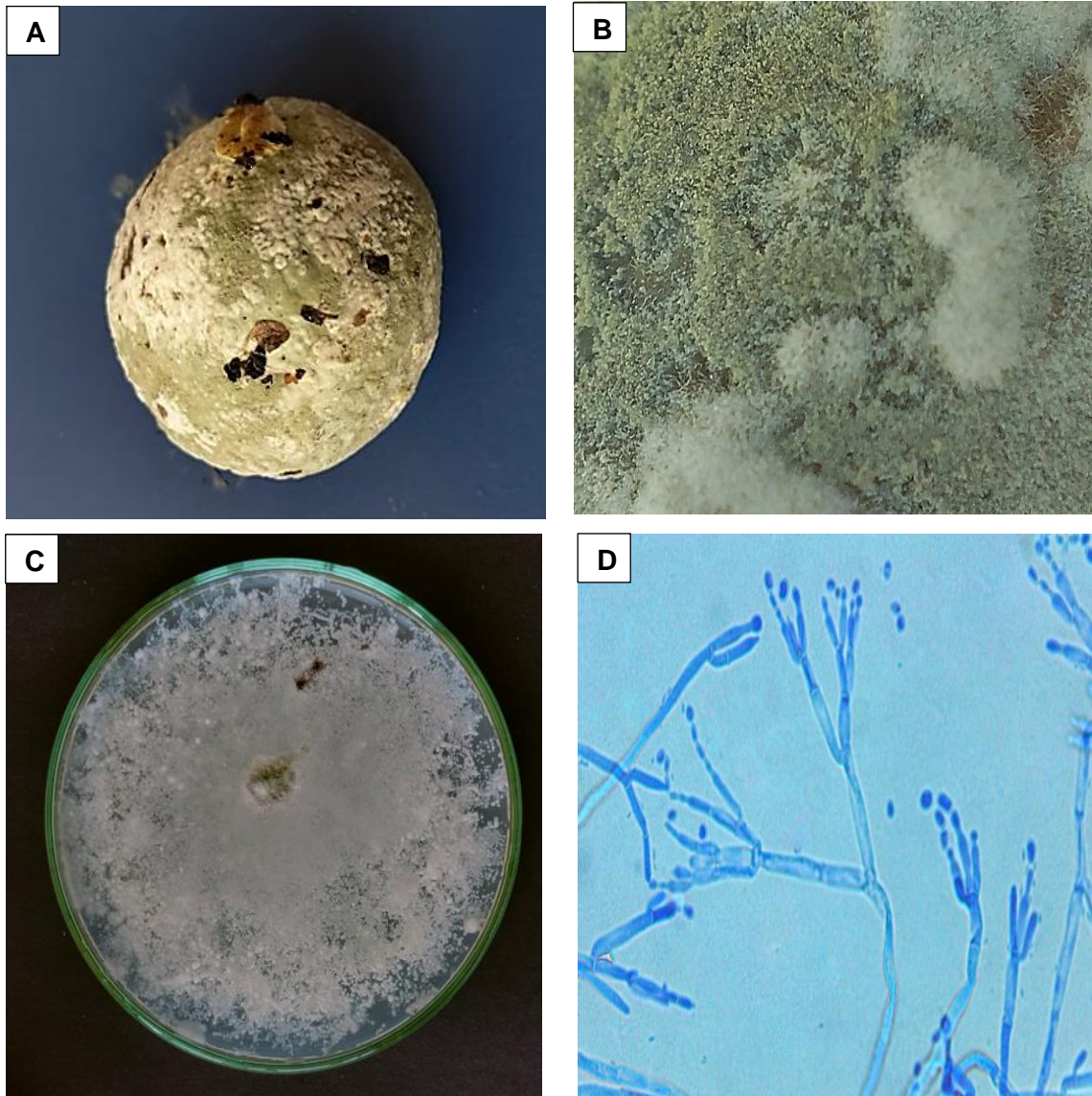


MUESTRA



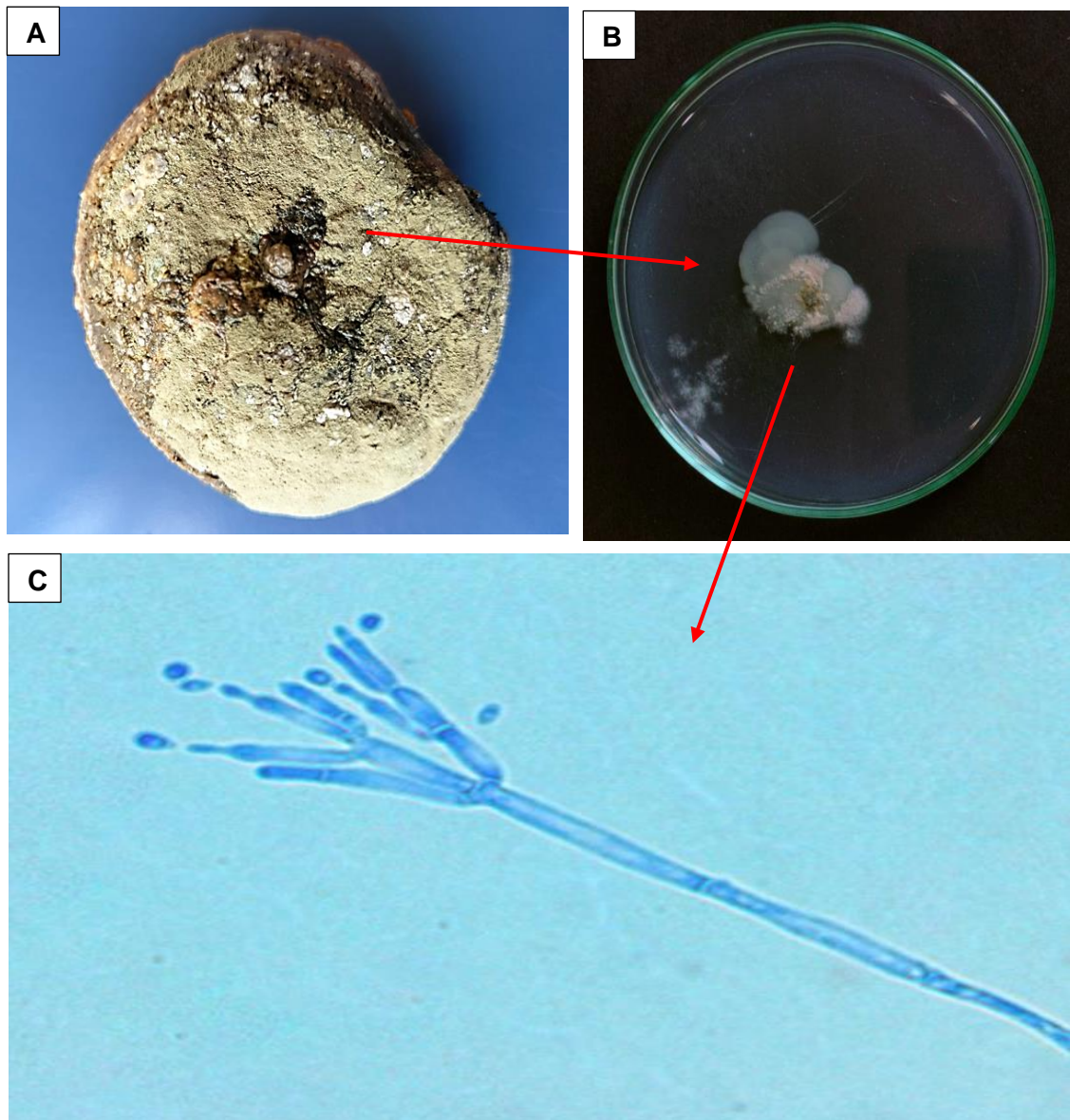
### 3. RESULTADOS.

3.1. **Muestra 1.** Análisis micológico: Diagnóstico por observación microscópica de frutos de limón.



**Figura 1.** A. Fruto de limón con presencia de moho verde; B. Esporulación de moho verde; C. Crecimiento de micelio de color verde en medio de cultivo PDA (6 dds); D. Conidióforos filiaadas en forma cuadriverticilado, métulas cortas, con conidios irregulares en cadenas pertenecientes al hongo fitopatógeno *Penicillium sp.*

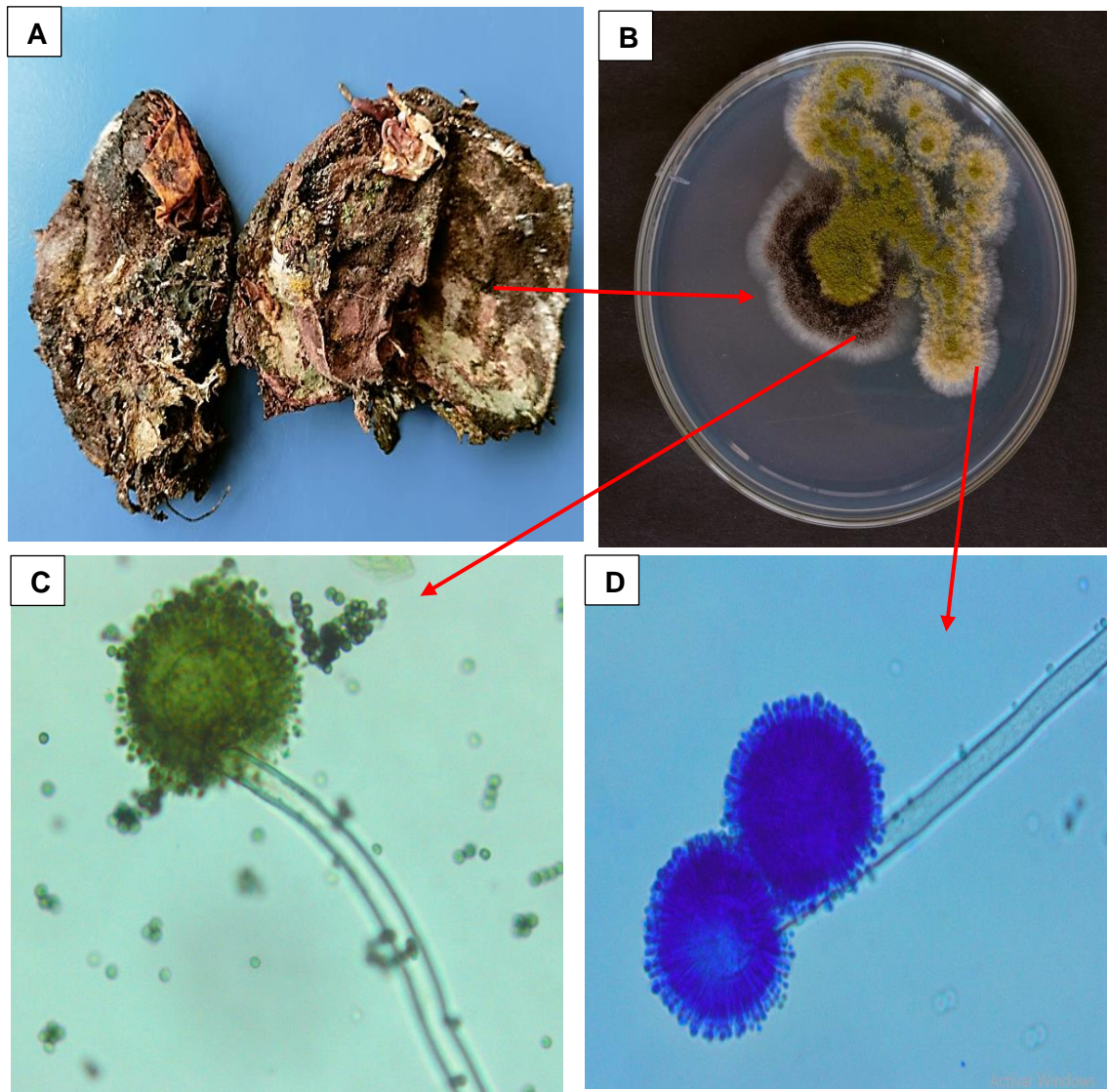
## Muestra 2



**Figura 2.** A. Fruto de naranja con síntomas de moho verde; B. Crecimiento de micelio de color verde en medio de cultivo PDA (6 dds); C. Conidióforos filiaadas en forma cuadriverticilado, métulas cortas y conidios en forma de cadenas pertenecientes al hongo fitopatógeno *Penicillium sp.*



Muestra 3



**Figura 3.** A. Pudrición de fruto de naranja; B. Crecimiento de micelio de color verde y negro en medio de cultivo PDA (6 dds); C y D. Conidióforos con cabeza biseriada, vesícula globosa y conidios irregulares pertenecientes al hongo fitopatógeno *Aspergillus sp.*

**Cuadro 1.** Patógenos encontrados en frutos de cítricos. Lambayeque, 2023.

<b>Método de análisis</b>	<b>Tejido</b>	<b>Patógeno</b>
Aislamiento en medio de cultivo PDA	Fruto de limón	<i>Penicillium sp.</i>
	Fruto de naranja	<i>Penicillium sp.</i>
	Fruto de naranja	<i>Aspergillus sp.</i> <i>Aspergillus sp.</i>

#### **4. CONCLUSIONES.**

En el análisis micológico de las muestras recepcionadas correspondientes a frutos de limón y naranja se encontró hongos como *Penicillium sp.*, *Aspergillus sp.*

Lambayeque, 19 de octubre del 2023.

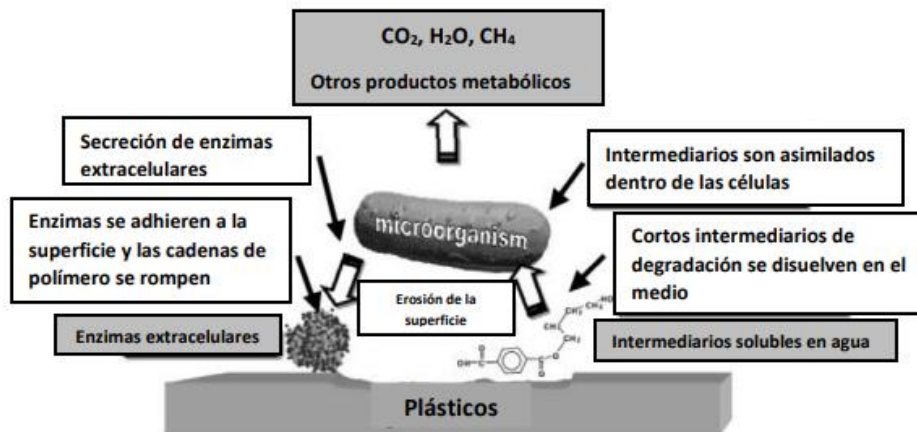


---

Ing. Agr. Fernando Rojas de la Cruz  
Maestría en MIP/Fitopatología  
Especialista en Sanidad Vegetal

**Fuente:** Laboratorio LDP Perú (2023).

## Anexo 12. Biodegradación enzimática por microorganismo.



Fuente: Yepes, L (2014).