

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE ASPERGILLUS SPP EN LA DEGRADACIÓN DEL PLÁSTICO

EVALUATION OF ASPERGILLUS SPP BEHAVIOR IN PLASTIC DEGRADATION

Autores: ¹Zukov Harold Llano Lopez, ²Yohn Enrique Choque Incacutipa, ³Reyfer Hugo Paniagua Ramos y ⁴Gina Milagros Arocutipap Phatti y ⁵Alessandro del Piero Gutiérrez Paredes.

¹ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0004-6776-2859>

²ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0006-7327-0847>

³ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0004-8476-3378>

⁴ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8567-7851>

⁵ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0005-7855-370X>

¹E-mail de contacto: zllanolop@unjbg.edu.pe

²E-mail de contacto: ychoqueinc@unjbg.edu.pe

³E-mail de contacto: rpaniaguar@unjbg.edu.pe

⁴E-mail de contacto: gmarocutipap@unjbg.edu.pe

⁵E-mail de contacto: agutierrezpar@unjbg.edu.pe

Afiliación: ^{1*} ^{2*} ^{3*} ^{4*} ^{5*} Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, (Perú).

Artículo recibido: 1 de Enero del 2025

Artículo revisado: 3 de Enero del 2025

Artículo aprobado: 14 de Febrero del 2025

¹Estudiante del VI ciclo de la carrera profesional de Ingeniera Ambiental de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, (Perú).

²Estudiante del VI ciclo de la carrera profesional de Ingeniera Ambiental de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, (Perú).

³Estudiante del VI ciclo de la carrera profesional de Ingeniera Ambiental de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, (Perú).

⁴Estudiante del VI ciclo de la carrera profesional de Ingeniera Ambiental de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, (Perú).

⁵Estudiante del VI ciclo de la carrera profesional de Ingeniera Ambiental de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, (Perú).

Resumen

La creciente acumulación de plásticos en el medio ambiente es uno de los problemas más urgentes a los que se enfrenta la humanidad en la actualidad. Los plásticos, ampliamente utilizados en diversas industrias debido a sus propiedades de durabilidad y versatilidad, son extremadamente persistentes en los ecosistemas, lo que contribuye a la contaminación y los efectos negativos sobre la biodiversidad y la salud humana. A pesar de los esfuerzos por reducir el uso de plásticos y promover su reciclaje, la degradación natural de estos materiales sigue siendo un desafío importante. En este contexto, la búsqueda de soluciones biológicas para mitigar la contaminación plástica ha cobrado relevancia. Recientemente, los hongos han sido identificados como posibles agentes biológicos con capacidad para descomponer plásticos, abriendo nuevas perspectivas para el tratamiento y la remediación de desechos plásticos. En particular, *Aspergillus spp.*, un género de hongos filamentosos ampliamente distribuido en la naturaleza, ha mostrado

propiedades prometedoras para la degradación de varios tipos de plásticos. La capacidad de estas especies para producir enzimas que pueden romper estructuras complejas de polímeros ha suscitado un creciente interés en su potencial biotecnológico. Este artículo tiene como objetivo explorar el comportamiento de *Aspergillus spp.* en la degradación del plástico, analizando los mecanismos involucrados, los factores que afectan su eficacia y las investigaciones más recientes sobre su aplicación en la biotecnología ambiental. A través de un enfoque multidisciplinario, se evaluará el potencial de estos hongos como una alternativa viable y sostenible para enfrentar la crisis global del plástico.

Palabras clave: Hongos, Degradación, Microplásticos, *Aspergillus spp.*, Plásticos.

Abstract

The increasing accumulation of plastics in the environment is one of the most pressing problems facing humanity today. Plastics, widely used in various industries due to their durability and versatility properties, are extremely persistent in ecosystems,

contributing to pollution and negative effects on biodiversity and human health. Despite efforts to reduce the use of plastics and promote their recycling, the natural degradation of these materials remains a major challenge. In this context, the search for biological solutions to mitigate plastic pollution has gained relevance. Recently, fungi have been identified as potential biological agents with the capacity to decompose plastics, opening new perspectives for the treatment and remediation of plastic waste. In particular, *Aspergillus* spp., a genus of filamentous fungi widely distributed in nature, has shown promising properties for the degradation of various types of plastics. The ability of these species to produce enzymes that can break down complex polymer structures has sparked growing interest in their biotechnological potential. This article aims to explore the behavior of *Aspergillus* spp. in plastic degradation, analyzing the mechanisms involved, the factors affecting their effectiveness and the most recent research on their application in environmental biotechnology. Through a multidisciplinary approach, the potential of these fungi as a viable and sustainable alternative to face the global plastic crisis will be evaluated.

Keywords: Fungi, Degradation, Microplastics, *Aspergillus* spp, Plastics.

Sumário

A crescente acumulação de plásticos no ambiente é um dos problemas mais prementes que a humanidade enfrenta hoje. Os plásticos, amplamente utilizados em diversas indústrias devido às suas propriedades de durabilidade e versatilidade, são extremamente persistentes nos ecossistemas, contribuindo para a poluição e efeitos negativos na biodiversidade e na saúde humana. Apesar dos esforços para reduzir a utilização de plásticos e promover a sua reciclagem, a degradação natural destes materiais continua a ser um grande desafio. Neste contexto, a busca por soluções biológicas para mitigar a poluição plástica tem ganhado relevância. Recentemente, os fungos foram identificados como potenciais agentes biológicos com capacidade de decompor

plásticos, abrindo novas perspectivas para o tratamento e remediação de resíduos plásticos. Em particular, *Aspergillus* spp., gênero de fungos filamentosos amplamente distribuídos na natureza, tem apresentado propriedades promissoras para a degradação de diversos tipos de plásticos. A capacidade destas espécies de produzir enzimas capazes de quebrar estruturas poliméricas complexas tem despertado um interesse crescente no seu potencial biotecnológico. Este artigo tem como objetivo explorar o comportamento de *Aspergillus* spp. na degradação do plástico, analisando os mecanismos envolvidos, os factores que afectam a sua eficácia e as pesquisas mais recentes sobre a sua aplicação na biotecnologia ambiental. Através de uma abordagem multidisciplinar, será avaliado o potencial destes fungos como uma alternativa viável e sustentável para enfrentar a crise global do plástico.

Palavras-chave: Fungos, Degradação, Microplásticos, *Aspergillus* spp, Plásticos.

Introducción

Debido a su alta resistencia a la corrosión y degradación, baja densidad, baja conductividad eléctrica y térmica y, sobre todo, su bajo costo de producción, los plásticos son, probablemente, los materiales más utilizados en el hogar e industria (Muñante, 2020). Las cosas que usamos todos los días son contaminantes potenciales, pero el plástico es el peor. Lo más impactante y problemático del plástico es que está tan presente en nuestra vida diaria y nuestros hábitos de consumo lo hacen nunca desaparecer de nuestras vidas diarias (Cedeño et al., 2022).

Ante este problema latente, el proceso de biorremediación debe considerar ciertos factores, ya que existen situaciones que tienden a presentar procesos lentos para reducir un agente contaminante específico, pero que suelen tener resultados positivos en cuanto a la degradación. En el proceso de biodegradación

de los plásticos, hay dos etapas diferentes: una directa, en la que los plásticos se convierten en alimentos para el crecimiento de los microbios, y una indirecta, en la que los productos metabólicos de los microbios afectan la estructura del plástico (Santacoloma-Londoño et al., 2019). Los hongos filamentosos aislados de otros plásticos que degradan el polietileno de baja densidad, como *Aspergillus Avus*, *Penicillium chrysogenum*, y *Penicillium viridicatum*, son esenciales para la degradación del plástico. Además, se demostró la eficacia de los hongos filamentosos en la degradación de polietileno de baja densidad en medios minerales (Soncco & Zavaleta, 2022).

En la presente investigación se determinará la efectividad de hongos filamentosos degradadores de polietileno de baja densidad, aislados de plásticos presentes en el Ciudad Universitaria, con el objetivo de determinar la efectividad del hongo *Aspergillus spp* en la degradación del polietileno de baja densidad, evaluando su capacidad para reducir la acumulación de residuos plásticos en el medio ambiente.

Materiales y Métodos

Se realizó un estudio de tipo aplicado con un enfoque cuantitativo, en el cual se evaluó la capacidad de *Aspergillus spp.* para degradar plástico en diferentes condiciones experimentales. El diseño del estudio fue experimental, ya que la variable independiente (la presencia de *Aspergillus spp.* en diferentes proporciones). El cual se llevó a cabo utilizando el software Statgraphics como el excel.

Se empleó arroz graneado como sustrato principal para el cultivo del hongo *Aspergillus spp.*, al que se le añadió glucosa como fuente de carbono y cloranfenicol para evitar el crecimiento bacteriano. Esta mezcla fue

colocada en un recipiente cubierto con una tela estéril que permitió la ventilación. Posteriormente, el recipiente fue enterrado en suelo fértil, manteniendo condiciones de humedad adecuadas mediante riegos moderados durante un período de una a dos semanas. Una vez transcurrido este tiempo, el cultivo fue retirado cuidadosamente del suelo y trasladado al laboratorio para su análisis.

En el laboratorio, el hongo fue identificado mediante la preparación de laminillas teñidas con azul de lactofenol. Se utilizó una asa micológica esterilizada para tomar pequeñas muestras del micelio, que fueron colocadas sobre portaobjetos con una gota de colorante. Estas preparaciones fueron examinadas al microscopio para observar las características morfológicas que confirmará la presencia de *Aspergillus spp.* Todas las manipulaciones se realizan bajo estrictas condiciones de esterilidad para evitar cualquier tipo de contaminación cruzada.

Para obtener un cultivo más puro, el hongo identificado se sembró en agar papa dextrosa (PDA), previamente preparado y vertido en 12 placas Petri estériles. Las placas fueron incubadas a temperatura ambiente durante cinco días, permitiendo el crecimiento visible del hongo. Se llevaron a cabo procesos de purificación al transferir porciones del micelio a nuevos medios de cultivo, asegurando que las muestras estuvieran libres de bacterias u otros microorganismos.

La capacidad del hongo para degradar plástico biodegradable fue evaluada utilizando piezas de plástico degradable de 2×2 cm. Estas piezas fueron desinfectadas sumergiéndose durante 30 minutos en una solución compuesta por 0,5 ml de cloranfenicol en agua destilada esterilizada. Luego, se secaron primero con papel filtro y

posteriormente en una estufa a 60 °C durante 30 minutos, tras lo cual se registró su peso inicial en una balanza analítica. Cada pieza de plástico se colocó en contacto directo con el micelio de *Aspergillus spp.* en las placas de PDA. Las placas fueron incubadas durante 15 días a temperatura ambiente. Finalmente, las piezas fueron retiradas, limpiadas cuidadosamente, secadas nuevamente y pesadas para determinar la pérdida de masa como indicador del proceso de biodegradación.

Resultados y Discusión

En el presente estudio se dio a conocer la degradación de plástico mediante la utilización de un hongo muy conocido en el ámbito de la biotecnología, se llevaron a cabo diferentes análisis para determinar el hongo *aspergillus*, ya que existen diferentes tipos de hongos de la misma especie, pero no tiene la alta capacidad de degradar el plástico a grandes rasgos. En la tabla 1 se puede apreciar el % de degradación del plástico empleando el hongo *aspergillus spp.*

Tabla 1. Resultados de la degradación del plástico con *Aspergillus spp.* obtenidos a los 15 días

Muestras	Peso Inicial (g)	Peso Final (g)	Degradación (g)	Degradación (%)
1	0.9205	0.9039	0.0166	1.6644
2	0.9199	0.9016	0.0183	1.8316
3	0.9214	0.8981	0.0233	2.2356

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2. Análisis de varianza de las muestras y el tiempo (días) de la degradación del plástico

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón - F	p-valor
Muestras	0.19	2	0.09	4.08	0.1082
Días	2.38	2	1.19	51.72	0.0014
Error	0.09	4	0.02		
Total	2.66	8			

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 1 se compararon el peso inicial y final de tres muestras, así como la pérdida de masa en gramos y el porcentaje de degradación. En la muestra 1 tuvo una degradación de 0.0166 g, lo que corresponde a un 1.6644% de degradación; en la muestra 2 presentó una degradación de 0.0183 g, equivalente al 1.8316% y en la muestra 3 mostró la mayor degradación, con una pérdida de 0.0233 g, representando un 2.2356%.

La relación del tiempo y la degradación del plástico es muy importante como lo comenta Córdoba et al., (2024) que en su investigación el hongo presentó una diferencia significativa entre los tiempos, siendo superior la degradación a mayor tiempo de 60 días.

Asimismo Uygun & Malkoç, (2024) observaron que el potencial de degradación de *Aspergillus niger* es del 71,1%, siendo muy recomendable para la eliminación del plástico, sin embargo El-Dash et al., (2023) en su estudio menciona que las muestras de PVC se degradaron en un 10% y un 32% después de 1 mes de incubación con *Aspergillus spp.*

En la tabla 2 podemos ver la tabla ANOVA, las muestras presentan una suma de cuadros de 0.19 y una razón F de 4.08, con un p - valor de 0.1082, indicando que no hay una diferencia significativa entre las muestras ($p > 0.05$), donde se obtuvo de cuadrados 2.38 y una razón de F de 51.72, con un p-valor de 0.0014, indicando una diferencia significativa ($p < 0.05$), dando a conocer que el tiempo influye

significativamente en la degradación del plástico.

Para determinar cómo influye el medio de cultivo en la degradación de plástico, se utilizó un medio sólido donde tuvo contacto el hongo *Aspergillus spp* con el polietileno, en la tabla 2 se puede observar los días y el peso del plástico. Comparado con otras estrategias, como el uso de bacterias o procesos físico químicos, los hongos como *Aspergillus niger* tienen la ventaja de penetrar las matrices plásticas mediante su micelio, aumentando el área de contacto y la eficacia del proceso Temporiti et al., (2022).

Tabla 3 Resultados de la degradación del tiempo de degradación en días del plástico con *Aspergillus spp*.

Muestras	Peso (g)		
	Día 7	Día 11	Día 15
1	0.0026	0.0059	0.0131
2	0.0033	0.0090	0.0164
3	0.0035	0.0140	0.0233

Fuente: Elaboración propia

Es importante reconocer que el hongo *Aspergillus*, producen enzimas extracelulares para degradar el polietileno de baja densidad (PEBD), esto reportó Yepes, (2014) en sus cepas fúngicas que degradan el PEBD. En el estudio realizado por Gutiérrez (2019) nos muestra que el hongo *Aspergillus spp*, tuvo una degradación notoria siendo muy efectiva, perdiendo 172,98 mg de polietileno.

En la figura 1 se puede observar el crecimiento de una probabilidad normal del hongo *Aspergillus spp*, donde tiene un crecimiento particular, teniendo un buen desarrollo en la degradación del hongo.

En la Figura 1 muestra una relación positiva entre el peso del plástico degradado y el porcentaje de degradación bajo condiciones controladas. Esto sugiere que el hongo

Aspergillus niger spp puede metabolizar fragmentos del plástico, posiblemente a través de la producción de enzimas como hidrolasas o ligninas. Estas enzimas, según estudios previos, pueden atacar la estructura de plásticos como el polietileno y el polipropileno (Varshney et al., 2023).

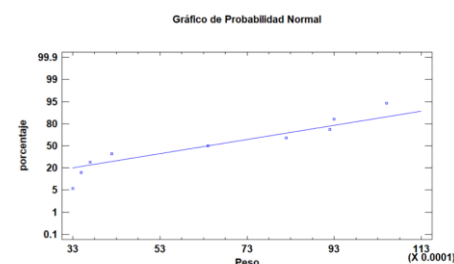


Figura 1: Probabilidad normal de degradación del hongo *Aspergillus spp*.

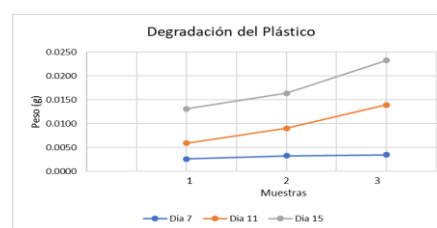


Figura 2: Tiempo de degradación del hongo *aspergillus spp*.

En la figura 2 se ilustra claramente el tiempo de exposición al hongo *Aspergillus spp*. afecta la degradación del plástico. Los resultados sugieren que el hongo es más efectivo en la descomposición del plástico con el paso del tiempo, alcanzando su máxima eficiencia a los 15 días. Esta información es crucial para entender el potencial de *Aspergillus spp*. en aplicaciones de biodegradación y en la lucha contra la contaminación plástica.

Conclusiones

Aspergillus spp. tiene un potencial prometedor para degradar plásticos bajo condiciones controladas, aunque su efectividad depende del tipo de plástico y las condiciones ambientales. Los hongos pueden actuar como una herramienta complementaria en programas

de manejo de residuos sólidos, especialmente en la degradación de polímeros recalcitrantes. La investigación resalta la necesidad de combinar enfoques biológicos con tratamientos físico-químicos para lograr una degradación más eficiente. *Aspergillus* spp. es un género muy versátil con relevancia ambiental, biotecnológica y médica, lo que lo convierte en un objeto de estudio importante en áreas como la biorremediación y la producción de compuestos industriales.

Agradecimientos

Se agradece el apoyo del Ing. Jeanfranco Alfredo Ibarra Kocfú docente del curso de Biotecnología Ambiental de la Escuela de Ingeniería Ambiental de la Universidad Jorge Basadre Grohmann de Tacna, Perú.

Referencias Bibliográficas

Ambur, R. & Mostajo, M. (2022). Efectividad de hongos filamentosos en la degradación de polietileno de baja densidad proveniente del botadero de Sicuani Provincia de Canchis – Cusco. *Q'EUÑA*, 13(2), 21-28
<https://doi.org/10.51343/rq.v13i2.1097>

Baeza, Y., Medel, R. & Garibay, R. (2017). Caracterización morfológica y genética de los hongos ectomicorrízicos asociados a bosques de *Pinus hartwegii* en el Parque Nacional Cofre de Perote, Veracruz. *Revista mexicana de biodiversidad*, 88(1), 41-48.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-34532017000100041

Cedeño, G., Crooks, K., Soto, M., Terán, N. & Walters, A. (2022). Conciencia ambiental frente al inadecuado manejo del plástico por el ser humano. *Las Enfermeras de hoy*, 1(2), 44–58.
<http://revistas.anep.org.pa/index.php/edh/article/view/35>

Córdoba, F., Álvarez, C., López, H., Ramírez, G., & Bedoya, O. (2024). Biodegradación de polietileno de baja densidad en suelo con hongos del género *Aspergillus* sp. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 34(1), 57–66.

<https://doi.org/10.18359/rcin.7139>

El-Dash, H., Yousef, N., Aboelazm, A., Awan, Z., Yahya, G., & El-Ganiny, A. (2023). Optimizing Eco-Friendly Degradation of Polyvinyl Chloride (PVC) Plastic Using Environmental Strains of *Malassezia* Species and *Aspergillus fumigatus*. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(20), 15452.
<https://doi.org/10.3390/ijms242015452>

Erazo, M. (2018). Evaluación del comportamiento de *Aspergillus niger* y *Penicillium* spp en la degradación de bioplástico elaborado a partir de almidón de cáscara de plátano. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
<http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/10554>

Mostajo., N., & Ambur., R. (2022). Efectividad de *Aspergillus* en la degradación de polietileno. *Revista de ciencia animal y ambiental del sur de Florida*, 2(3), 234-253.
<https://doi.org/10.53499/sfjeasv2n3-002>

Muñante, M. (2020). Microplásticos: El enorme problema de pequeñas partículas de plástico. *Revista de Química*, 34(1-2), 8-14.
<https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/quimica/article/view/20796>

Santacoloma, S., Buitrago, M., Lamus, V., Asprilla, S., Ruíz, J. & Villegas, L. (2019). Evaluation of the biodegradation of polyethylene, polystyrene and polypropylene, through controlled tests in solid suspension with the fungus *Aspergillus flavus*. *Scientia et Technica*, 24(3), 532-540.
<https://doi.org/10.22517/23447214.20731>

Şimşek, B., & Malkoç, S. (2024). Microplastics Biodegradation by *Aspergillus flavus* and *Aspergillus versicolor*. *Eurasian Journal of Biological and Chemical Sciences*, 7(1), 5-9.
<https://doi.org/10.46239/ejbc.1374947>



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-No Comercial 4.0 Internacional. Copyright © Zukov Harold Llano Lopez, Yohn Enrique Choque Incacutipa, Reyfer Hugo Paniagua Ramos y Gina Milagros Arocutipa Phatti y Alessandro del Piero Gutiérrez Paredes.

