



CAPACIDAD BIODEGRADATIVA DE HONGOS FILAMENTOSOS FRENTE AL POLIETILENO

BIODEGRADATIVE CAPACITY OF FILAMENTARY FUNGIANS AGAINST POLYETHYLENE

Vicky Cristina Gonzales Alcos¹

¹Universidad Nacional del Altiplano de Puno, Facultad de Ciencias Biológicas, Av. Floral N° 1153, Puno, Perú, vcgonzales123@yahoo.es

RESUMEN

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

Palabras Clave: Biodegradación, hongos filamentosos, plástico de baja densidad, polietileno y residuos sólidos plásticos.

ABSTRACT

The main objective was to determine the biodegradable capacity of filamentous fungi against polyethylene. The investigation was carried out by isolating filamentous fungi from low-density polyethylene bags sampled at the Cancharani landfill located in the Cancharani Puno Community, processing of the samples was carried out in the Microbiology Laboratory of the Faculty of Biological Sciences, the taxonomic identification of filamentous fungi with degrading capacity was carried out based on macroscopic characteristics of growth in plate and the microscopic study using the Microculture technique in sheet; the degradative capacity where filamentous fungi achieve greater activity against polyethylene at pH: 4.5 - 8.0 at 20 °C and 30 °C for 20 days was performed using the Kavelman and Kendrick technique. Five species of filamentous fungi were isolated; *Aspergillus Flavus*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus fumigatus*, *Mucor sp.* and *Fusarium sp.*, showing higher growth mass *Aspergillus niger* (64.67%) followed by *Aspergillus flavus*, *A.fumigatus* (23 %) *mucor sp* 16.67 % and *fusarium sp.* with 6.7 %, all have biodegradable capacity against to polyethylene at different rating scales and depending on pH conditions, *A. flavus* is a good polyethylene degrader at a pH of 4.5, forming a thick biofilm with a gelatinous appearance and has the ability to adhere to polyethylene unlike *A. niger* which It forms a thinner biofilm and depending on the temperature, both fungi have a biodegradable capacity at 20 and 30 °C, which has highlighted this research that allows us to propose biodegradation strategies for this critical public health problem.

Key Words: Biodegradation, filamentous fungi, low density plastic, plastic solid waste and polyethylene.

*Autor para correspondencia: vcgonzales123@yahoo.es



INTRODUCCIÓN

Los hongos como eucariotas y heterótrofos, se encuentran ampliamente distribuidos en la naturaleza, desempeñan conocidas actividades en la descomposición de una gran variedad de sustancias orgánicas participando en los ciclos biológicos (Arenas 2014) como saprofito toma sus nutrientes de materia orgánica muerta o en descomposición y la segunda como parasito cuando se nutre de materia viva (Bonifaz 2014), más de 30 especies de hongos pueden digerir el petróleo, mientras que otros pueden digerir los plásticos.

En la actualidad, los plásticos son productos muy utilizados y fabricados en grandes cantidades, sin embargo por su difícil degradación se han vuelto en un serio problema a nivel mundial (Ecomundo 2011), los productos elaborados con polietileno presentan dos tipos de problemas: el deterioro cuando están siendo utilizadas y la contaminación ambiental posterior a su uso, a nivel mundial Estados Unidos genera residuos sólidos de 2 515 millones de toneladas al año provenientes de actividades económicas y hogares con una representación del 9 % (213 millones de toneladas) en plásticos (Plastivida 2012), siendo el polietileno el de mayor demanda con un 37 % y el 9 % corresponde al LDPE (Maldonado 2012).

En el Perú los residuos se dividen como restos orgánicos de cocina y de alimentos, un 47,0 % del total de residuos generados, seguido de los plásticos con un 9,5 %, entre ellos los plásticos no reciclables como el Polietileno (PS) (Rodríguez *et al.* 2014). Paralelamente a estas cualidades se han presentado graves problemas en el campo de los desechos debido al limitado o nulo ataque biológico hacia ellos por parte de los microorganismos (Klenchuk 1989). Lee *et al.* (1991). Los microorganismos son responsables de la degradación de plásticos y los hongos filamentosos, son capaces de degradar productos de polietileno es así que hay grandes posibilidades de desarrollo en una tecnología de biopelículas para una mayor biodegradación de polímeros (Kirchman 1982).

Las características del polímero, como es la movilidad, tacticidad, cristalinidad, peso molecular, presentes plastificantes o aditivos adicionados al polímero, (Shah *et al.* 2008) estas moléculas son vitales para que el microorganismo pueda utilizar el PE como fuente de carbono o asimilarlo como biomasa, porque sin su acción compuestos de alto peso molecular son poco susceptibles al ataque microbiano (Ammala *et al.* 2011); para favorecer la formación de moléculas de menor tamaño y lograr la formación de oligómeros, dímeros y/o monómeros, sin embargo (Ammala *et al.* 2011) otros estudios también han reportado la colonización y degradación de la superficie de películas de polietileno oxidado por hongos previamente aislados e identificados, pero no nombrados por Corti & Motta *et al.* (2010) *Curvularia sp.*, presentó una colonización lenta de las láminas de polietileno completada hasta las 9 semanas con penetración de las láminas de PE como también Zahra *et al.* (2010) encontró que *A. fumigatus* y *A. terreus* coinciden en que el género

Aspergillus es capaz de degradar el polietileno, así como hongos del género *Penicillium* encontrados por (Ojeda *et al.* 2009).

Para obtener una degradación en mayor proporción del polietileno la degradación abiótica y biótica deben ser combinadas sinérgicamente para que los hongos colonicen y biodegraden, Motta & Méndez *et al.* (2009). Así mismo evidenciaron en un 25 % la capacidad de degradar el plástico polietileno a la temperatura de 20 °C :a pH 4,5 y ninguna cepa degradó a pH 6,5., Uribe *et al.* (2010) utilizaron la metodología de filtración y selección en sales minerales para hongos ; y aislaron seis cepas *sp.penicillium sp*, *Rhodotorula sp*, *Hyalodentron sp*, y una levadura no identificada, la acción degradativa del consorcio microbiano fue evidenciado por variaciones en el espectro infrarrojo del polietileno, observándose la reducción del carbonilo en un 83,89 % a pH 7, y 4.08 a un pH 5,5 y finalmente se observó una pérdida de peso de 5,4 % a pH de 7 y 4,8 % a pH de 5,5 .en cambio , Bueno & Gallardo (1998) conservo 26 cepas de los géneros : *A. niger*, *A. andius*, *Fusarium sp*, *F.moliforme*, *Mucor griseocyanum*, *Syncephalastrum sp*, los cuales aseguraron el 100 % de supervivencia durante dos años.

La biodegradación del polietileno se puede comparar con la biodegradación de la parafina, los microorganismos con mejores rendimientos en la biodegradación del polietileno y que cultivados en medios sólidos como el compost o en medios líquidos minerales realizan esta tarea (Martín 2012).

Cuevas & Manaligod (1997) demostraron la misma actividad en cepas de *Penicillium* & *Mycelia* (2009) de acuerdo a Johnson *et al.* (1993) los organismos que crecen en materiales plásticos pueden utilizar la molécula plastificante (por ejemplo, el almidón o celulosa) o la molécula del polímero. Otros investigadores como Whitekettle (1992) sostuvo que los colonizadores activos de los polímeros son adherirse a sus sustratos debido a su capacidad para producir polímeros exocelulares compuestos primariamente de Polisacáridos no iónicos y aniónicos, considerando que tal adhesión a la superficie de los sustratos es un paso decisivo en la corrosión microbiana; en su estudio, las condiciones favorables de temperatura y pH pudieron haber facilitado la producción de mucílago extracelular por los micromicetos probados.

El desarrollo de biopelículas o micelas en la superficie del polietileno indicaría la acción degradativa de microorganismos (Uribe *et al.* 2010) las estrategias para utilizar los medios de cultivo se pueden agrupar en sólidos y líquidos. Zahra *et al.* (2010) empleo un medio constituido por desperdicios orgánicos con material vegetal, materiales con alto contenido de carbono y una parte de compost y láminas de polietileno de baja densidad, Ojeda *et al.* (2009) 23 % en 8 meses en cambio, Husarova *et al.* (2010) y 22 % en 300 días del ensayo.

Los índices de mineralización son menores y más lentos comparados con los obtenidos en cultivos que contienen compost (Husarova *et al.* 2010) como encontró Fontanella *et al.* (2010) analizando

tres láminas de polietileno de alta, baja y lineal densidad con aditivos cultivados en suelo que perdieron menos de 5 %, 9 % y 12 % respectivamente y en compost 6 %, 16 % y 24 % respectivamente. La mayoría de los microorganismos existen a partir de los 30 cm superiores del suelo (posada 2008).

La gestión de los residuos sólidos urbanos capitaliza en la ciudad una importante porción de su presupuesto y de su personal. Esta inversión está asociada a un servicio de recolección que generalmente es deficiente y una disposición final en “basurales” (Maldonado 2012). Asimismo, diversos trabajos han demostrado que los microplásticos son consumidos por el plancton marino otros animales de consumo humano, los nanoplásticos y microplásticos están ya dentro de nuestros cuerpos, sin que se sepa cuál es su impacto (Battocletti 2011).

El problema de los residuos plásticos en Puno tiene un efecto negativo directo sobre el desarrollo de la ciudad ,en la actualidad los pobladores del ámbito lacustre producen entre 90 y 104 toneladas de residuos sólidos (Rodríguez *et al.* 2014) los plásticos son fabricados en miles y descartados a los 15 minutos, convirtiéndose en basura que termina en el botadero de Cancharani ,que al ser un xenobiótico representa una amenaza para los ecosistemas y la salud de los puneños producidos por los bisfenoles que contiene el material plástico (Rubín 2011) Produciendo graves daños biológicos a los seres vivos y un sin número de organismos (Palit 1976) este problema álgido de salud pública y los escasos estudios respecto a micromicetos y biodegradación de los plásticos por hongos de la zona, los avances son limitados, por lo que ha motivado realizar el estudio.

En la presente investigación se ha identificado y caracterizado a hongos filamentosos con capacidad biodegradativa y la determinación de las condiciones de pH y temperatura donde logran mayor actividad degradativa frente al polietileno en condiciones controladas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ámbito o lugar de estudio

La colecta de las muestras se realizó en el botadero de Cancharani, ubicado en el Departamento, provincia y distrito de Puno, Comunidad de Cancharani; sobre la vía asfaltada Puno - Laraqueri a una altitud de 3,995 msnm, luego se trasladó las muestras al Laboratorio de Microbiología de la FCCBB para su procesamiento .El muestreo se realizó en los meses de febrero a Marzo en los diferentes puntos del botadero a cielo abierto de Cancharani, se tomaron 20 muestras correspondientes a envolturas de plástico con signos de deterioro entre 20 a 50 cm de profundidad posiblemente elaboradas con polietileno de baja densidad (HDPE) Méndez (1998) , se colocaron en bolsas de primer uso y se trasladó a laboratorio de Microbiología UNA - Puno.

Descripción de métodos

La investigación realizada fue de tipo experimental, se determinó la frecuencia y crecimiento en

masa con el test de Shapiro Wilk , levene y luego se aplicó el estadístico de Kruskal-Wallis, para demostrar que no existe diferencia entre los grupos y para demostrar la eficacia de *A. flavus* y *A. niger* frente al polietileno a 20 °C - 30 °C y pH de 4,5 - 8,0; se aplicó Shapiro-Wilk, y si existe o no diferencia significativa entre los grupos de hongos, según temperatura y pH, t-student finalmente el diseño factorial de 2 x 2, considerando el factor A: El hongo dividido en dos niveles y el Factor B: el PH dividido en 2 niveles 4,5 y 8.

En laboratorio las muestras se lavaron con solución salina al 0,85 % quitando todos los residuos posibles hasta que quede sin adherencias, se fraccionaron y finalmente se colocaron en una solución de cloranfenicol a una concentración de 0.5 mg/ml durante 60 minutos y fueron enjuagadas con agua destilada estéril durante 20 minutos (Mendez & Vergaray 2013).

Para la obtención de cultivos puros se empleó el APD, para la identificación macroscópica se utilizó el agar sab +dextrosa, y para la identificación microscópica mediante el microcultivo; las cepas axénicas se mantuvieron en agar extracto de malta a temperatura ambiente.

Los hongos con capacidad biodegradativa fueron sembrados en ASM Dox + extracto de malta al 3 % (compuesto de (g.l⁻¹),MgSO₄(7H₂O), 0.5g;KH₂PO₄,0,5gr;Na₂HPO₄(12H₂O), 2,52g;NH₄Cl,1gr;CaCL₂,0.002gr;MnSO₄(7H₂O),0.007gr;FeSO₄(7H₂O),0.001gryZnSO₄)₄(7H₂O),0.007g, agar 20gr.+ 3 % de extracto (Koneman 2005). (Bonhommea *et al.* 2003). Se tomó una muestra del consorcio de hongos de las placas Petri y se realizaron diluciones seriadas; se sembraron en agar papa dextrosa (PDA) a pH5, y se incubaron a 37 °C por 48 horas, para obtener cultivos puros (Koneman & Bonifaz 2014).

La identificación se realizó en agar Sab +D para describir las características macroscópicas que permitió caracterizar y tipificar el género y supuesta especie de hongos filamentosos. La identificación microscópica se realizó mediante la técnica del micro cultivo (Koneman 1985) a temperatura de 22 °C ,durante 24 horas, seguidamente se realizó la confirmación e identificación de la lectura de los órganos de fructificación en microscopio, utilizando las claves taxonómicas (Frutis *et al.* 2017), La determinación de las condiciones de pH y temperatura donde los hongos filamentosos logran mayor actividad frente al polietileno se realizó con cepas axénicas de *Aspergillus flavus* y *Aspergillus niger*, mediante la prueba cualitativa y cuantitativa de la degradación del polietileno, durante 60 días de incubación.

Para determinar la capacidad biodegradativa de *A. flavus* y *A. niger* frente al polietileno A 20 - 30° y pH de 4,5 y 8,0 ,se determinó por dos pruebas :cualitativa se determinó mediante la observación al estereoscopio y la descripción de los cambios que presento como la perdida de color, brillo, presencia de porosidad, fisuras o grietas en las superficies crecimiento sobre y debajo de la superficie, presencia de biopelículas y la prueba cuantitativa se realizó mediante el fraccionamiento del material plástico (2 x 2), se pesaron en balanza analítica (Kavelman &

Koneman 1978), se utilizó las cepas axénicas de *Aspergillus niger* y *A. flavus*; se preparó el inóculo mediante un barrido de la superficie del cultivo puro de cada cepa del APDS y se suspendió las fracciones del hongo en agua destilada estéril hasta obtener una turbidez de 0,5 de la escala de Mac farland, se colocó un mililitro de la suspensión en un frasco conteniendo 100 ml de caldo Czapeck, se ajustó el Ph a 4,5 y otro a Ph 8,0 y como control medio de cultivo con cepas sin material de polietileno; Se colocaron el material plástico a cada frasco que contenía CCSM y la suspensión fúngica, luego se llevó a incubación in vitro a 20 °C y 30 °C durante 60 días, (Méndez 1998).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los hongos filamentosos más frecuentes en el botadero de C6ancharani son *A.flavus*, *A.niger*, *A.fumigatus*, *Mucor sp* y *fusarium sp*. Se observa que la mayor presencia en el aislamiento de hongos filamentosos es el *A. niger* con 46,67 %, habiéndose aislado en 14 placas, seguida de *A. flavus* y *A. fumigatus* con 16,67 % aislados en cinco placas en forma axénica y mixtas entre sí, respectivamente y en menor frecuencia el hongo *fusarium sp*. con un 6,67 %. *Aspergillus* tiene la mayor masa de crecimiento, representando un 23 %, seguido de *A. fumigatus* y *A. flavus* del total y *fusarium* solamente un 6,7 % (Tabla 1).

Tabla 1. Frecuencia de hongos filamentosos aislados del botadero de Cancharani

	Frecuencia	Porcentaje	Crecimiento
A. Niger	14	46,67 %	2,1
A. flavus	5	16,67 %	1,8
A. fumigatus	5	16,67 %	1,8
Mucor, sp.	4	13,33 %	2,3
Fusarium sp.	2	6,67 %	1,0

Fuente: Gonzales & Romero (2018).

Respecto a la capacidad biodegradativa que tienen los hongos aislados los resultados reflejan una calificación muy buena para el hongo *Aspergillus flavus* que tuvo un crecimiento abundante sobre y debajo del material plástico, *A. niger* tuvo una calificación buena, el cual tuvo crecimiento bueno por debajo y laterales del plástico y un crecimiento regular *Aspergillus fumigatus* y *Fusarium sp*. y pobre mucor sp,

Lo más resaltante es que si hubo formación de colonias fúngicas pero en diferentes escalas de calificación, y al haber presencia de micelas fúngicas de hongos en el material plástico se demuestra que si hubo ataque fúngico muy bueno por parte de *A. flavus*, seguido de *A. niger* con mayor masa fúngica, lo cual indica que si son biodegradadores pero en diferentes escalas de calificación; el desarrollo de estas cepas se debe a que estos son colonizadores activos de los

polímeros capaces de adherirse a un sustrato y su capacidad para producir polímeros exocelulares compuestos primariamente de polisacáridos no iónicos y aniónicos, considerando que tal adhesión a la superficie de los sustratos es un paso decisivo en la corrosión tal como lo sustenta (Whitekettle 1992). los géneros aislados son parecidos a los encontrados por Uribe & Méndez (2010) que los géneros con mayor número de aislamientos y mayor frecuencia son *Aspergillus*, *Penicillium*, *mucor* y *cladosporium*, también lo corrobora Méndez & Vergaray (2013) que los hongos que aislaron de un relleno sanitario el zapallal, lima, fueron los géneros *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Geotrichum*, *Mucor*, y *Nigrospora*; también Johnson *et al.* (1993) menciona que los organismos que crecen en materiales plásticos pueden utilizar la molécula plastificante en nuestro caso sólo se utilizó el polímero, en cambio Cuevas & Manaligod (2001) demostraron la misma actividad en cepas de *Penicillium*, *Aspergillus* y *Mycelia sterilia*.

Actividad degradadora de hongos filamentosos frente al polietileno

Respecto a los resultados de condiciones de pH y temperatura donde los hongos filamentosos logran mayor actividad degradativa frente al polietileno después de dos meses de incubación, se observó que el hongo *Aspergillus flavus* presenta una invasión masiva ,demostrando un ataque fúngico por encima y debajo del material plástico muy pronunciado al mismo tiempo formo una biopelícula gruesa con aspecto gelatinoso demostrando así la gran capacidad que tienen para adherirse al material plástico y su acción deterior ante; en cambio *Aspergillus niger* tuvo un ataque fúngico por debajo y los laterales del material plástico y formo el biofilm más delgado que *A. flavus* pero si se observa el aspecto gelatinoso formado ,característico de ataque fúngico, esta fase observada por los dos hongos resalto la importancia de esta investigación, así mismo; observándolas al estereoscopio perdieron el poco brillo que tenían e inclusive se observó falta de coloración algunos había formado un poco de porosidad ,la evaluación realizada lo cual demuestra un proceso metabólico de biodegradación. El ataque de cambios se considera como primer indicador de ataque fúngico, para obtener resultados cualitativos (Ishigaki 2004) y la formación de películas sobre el plástico es un indicador de degradación (Uribe 2010) (Tabla 2).

Tabla 2. Actividad degradadora de hongos filamentosos frente al polietileno (ASM a 22 °C, pH: 5)

	Crecimiento	Calificación
1. <i>Aspergillus flavus</i> .	+ +++ abundante en todo el plástico	Muy buena
2. <i>Aspergillus niger</i>	+++ moderado en todo el plástico	Buena
3. <i>Aspergillus fumigatus</i>	++moderado en la parte inferior y media del p	Regular
4. <i>Fusarium spp</i>	+ + Moderado en la parte inferior y media del p.	Pobre
5. <i>Mucor spp</i>	+ en la parte inferior del plástico	

Fuente: Gonzales & Romero (2018).

Prueba cuantitativa de LPDE .Después de sesenta días de incubación en la cual se ha utilizado el plástico como única fuente de carbono en el CCSM, se demuestra que los datos provienen de una población normal considerando como variable respuesta la degradación del plástico según los hongos (*A. Niger* y *A. Flavus*) a una temperatura (20 °C y 30 °C) y pH (4,5 y 8), se aplica la prueba de shapiro -wilk test, resultando $W = 0,9098$, $P_v = 0,0544$; (p -valor = $0,0544 > 0,05$).

Biodegradación de hongos

Considerando la temperatura y La comparación de medias en ambos hongos filamentosos frente al plástico la comparación de medias de t-student, considera que los dos hongos no presentan diferencia significativa, por el resultado y se confirma la hipótesis nula dado que la p -v, es mayor que el nivel de significancia ($0,1058 > 0,05$) (Figura 1).

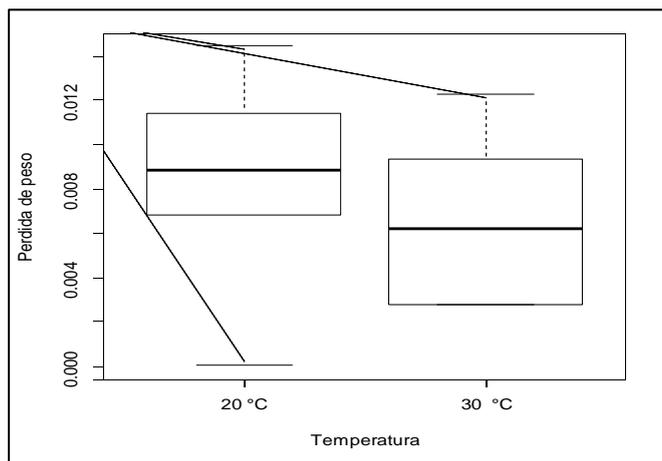


Figura 1. Biodegradación de hongos a temperaturas de 20 °C y 30 °C

La prueba de t de student como prueba de comparación en la biodegradación a 20 °C y 30 °C nos indica que los dos hongos no presentan diferencia significativa dado que el p -valor es mayor que

el nivel de significancia ($0,3127 > 0,05$), por lo tanto, la temperatura estadísticamente es indistinto, se puede utilizar temperaturas fluctuantes entre 20 y 30 °C.

Se demuestra que los datos provienen de una población normal (por la prueba de normalidad de Shapiro Wilk) al aplicar el diseño factorial de 2x2, considerando el factor A: el hongo dividido en dos niveles y el Factor B: el pH dividido en 2 niveles 4,5 y 8. Se afirma que los efectos producidos por los hongos *A. niger* y *A. flavus* son significativos.

Sin embargo, la interacción de los factores A y B no son significativos, por lo tanto, podemos afirmar que existe diferencia significativa entre los hongos *A. Flavus* y *A. Niger*, también que existe efecto, el nivel de pH y los niveles 4,5 y 8 son diferentes significativamente por lo tanto podemos observar que el hongo *A. Flavus* es mejor degradador en comparación con *A. Niger*, la degradación es más significativo en un pH de 4,5 (Figura 2).

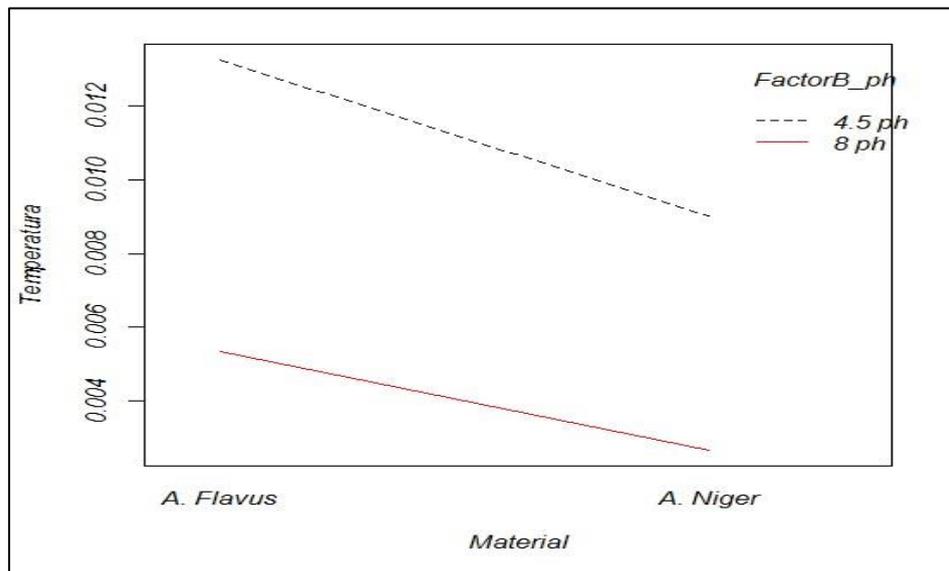


Figura 2. Interacción hongo – pH.

Los resultados obtenidos son parecidos a los reportados por Méndez & Moreno (2009) quienes obtuvieron mayor degradación a 20 °C y a un pH de 4,5 y *Aspergillus flavus* demostró ser regular degradador de polietileno, y a 30 °C *Aspergillus flavus* demostró ser buen degradador. Coinciden con los reportados por Méndez & Moreno (2009); Limón (2001) quienes sustentan que hubo mayor rendimiento a 30 °C, sin embargo, Uribe (2010) obtuvo una mayor actividad degradadora a 20 °C y a un pH 5 parecidos con los resultados manifestados en la presente investigación, la temperatura y el pH son parámetros que pueden influir tanto en el crecimiento como en la degradación del polímero. La temperatura y el pH son parámetros que pueden influir tanto en el crecimiento como en la degradación del polímero.

Uribe Giraldo indica que el porcentaje de peso perdido obtenido mediante el empleo de las levaduras y los hongos aislados fue de 4,8 % (pH 5.5) que, si bien es menor, es un resultado significativo para las condiciones en las que se desarrolló la prueba. Méndez & Vergaray (2013) evidenciaron la capacidad de degradar el plástico polietileno a la temperatura de 20 °C; a pH 4,5 ninguna cepa degradó el polietileno; a pH 6,5, una cepa de la especie *Aspergillus flavus* demostró ser regular degradador frente al material plástico. La cepa de *A. flavus* demostró ser buena degradadora de polietileno en las condiciones ensayadas. De acuerdo a lo mencionado por Johnson *et al.* (1993) los organismos que crecen en materiales plásticos pueden utilizar la molécula plastificante (por ejemplo, el almidón o celulosa) o la molécula del polímero, en nuestro caso sólo se utilizó el polímero. Cuevas & Manaligod (2001) demostraron la misma actividad en cepas de *penicillum*, *Aspergillus* y *Mycelia sterilia*.

La evaluación observada confirma los cambios visibles en los plásticos que es un método semicuantitativo que así mismo los efectos utilizados para describir la degradación incluyen corrosión de la superficie (Ishigaki 2011) el empleo de plásticos está aumentando en la vida del hombre y está aumentando la presión sobre la capacidad para disponer de los plásticos de desecho; de manera que la fabricación de plásticos biodegradables y la biodegradación de los plásticos de desecho han incrementado su importancia (Ying & Yanful 2005).

CONCLUSIONES

Los hongos filamentosos más frecuentes en el botadero de Cancharani son *A.flavus*, *A.niger*, *A.fumigatus*, *Mucor sp* y *fusarium sp.* demostrando mayor masa de crecimiento *Aspergillus niger* (64,67 %) seguido de *Aspergillus flavus*, *A.fumigatus* (23 %) *mucor sp* (16,67 %) y *fusarium sp.con* (6,7 %), todos tienen capacidad biodegradativa frente al polietileno en diferentes escalas de calificación.

Según las condiciones de pH, *A. flavus* es un buen degradador de polietileno a un pH de 4,5 formando biopelícula gruesa con aspecto gelatinoso y tiene capacidad para adherirse al polietileno a diferencia de *A. niger* que forma biofilm más delgado y según la temperatura ambos hongos tienen capacidad biodegradativa a 20 y 30 °C; la temperatura y el pH son parámetros que influyen en el crecimiento y la biodegradación del polietileno.

AGRADECIMIENTO

Al personal del INS área Micología, por su apoyo incondicional en la identificación taxonómica de hongos.

CONFLICTO DE INTERÉS

La autora (VCGA), no tiene conflictos de intereses con otros autores.

REFERENCIAS

- Ammala A., Bateman S., Dean K., Petinakis E., Sangwan P., Wong S., Yuan Q., Yu L., Patrick, C. Leong K. H. 2011. Una descripción general de las poliolefinas degradables y biodegradables. *Progress in Polymer Science*, 36, 1015-1049. [DOI: https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2010.12.002](https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2010.12.002)
- Arenas R. 2014. *Micología Médica Ilustrada*. (5ta. Edición). México D.F.: Mc.graw-Hill interamericana editores, S.A. de C.V.
- Battocletti A. 2011. Controversias de la toxicidad crónica de los plásticos. *Revista Tendencias en Medicina*. Montevideo, Uruguay: Médico residente de toxicología, Clínica Facultad de Medicina, Asesor Médico de Farmanuario.
- Bonifaz A. 2014. *Micología Médica Básica*. (4ta ed.). México: Mac Graw - Hill. Interamericana Editores, S.A .de C.V.
- Bueno L. Gallardo R. 1998. Preservación de hongos filamentosos en agua destilada estéril. Instituto Cubano de los derivados de la Caña de azúcar, Ciudad de la Habana Cuba ICIDCA. *Revista Iberoamericana*, 15, 166-168.
- Corti, A., Muniyasamy, S., Vitali, M., Imam, SH y Chiellini, E. (2010) Oxidación y biodegradación de películas de polietileno que contienen aditivos prooxidantes: efectos sinérgicos de la exposición a la luz solar, el envejecimiento térmico y la biodegradación fúngica. *Degradación y estabilidad de los polímeros*, 95, 1106-1114. [DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2010.02.018](http://dx.doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2010.02.018)
- Cuevas C., Manaligod C. 2001. Isolation of decomposer fungi with plastic degrading ability. *Philippine Journal of Science*, 126, 117-130. Lima, Perú. *Rev. peru. biol.* número especial 13(3): 203 - 205 (Julio 2007) *versión onnline* ISSN-1727993
- Ecomundo 2016. Espacio de comunicación sobre el medio ambiente y desarrollo sostenible a nivel nacional e internacional. Recuperado de [http://www.revistaecomundo.com/edu.mx/online/619-albores,micotoxinas .pdf](http://www.revistaecomundo.com/edu.mx/online/619-albores,micotoxinas.pdf).
- Fontanella S., Bonhomme S., Kounthy M., Husarova L. 2010. Comparison of the biodegradability of various polyethylene films containing pro-oxidant additives. *Polymer Degradation and Stability*. [DOI: https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2010.03.009](https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2010.03.009)
- Frutis I., Huidobro E. 2009. *Micología básica, manual teórico-práctico*. FES-Istacala, UNAM. México. *Rev. Perú. biol.* Número especial 13(3): 203 - 205.2.-151.
- Guevara M., Urcia F., Casquero J. 2007. *Manual de procedimientos y técnicas de laboratorio para la identificación de los principales hongos oportunistas causantes de micosis humanas*.

-
- Lima: Instituto Nacional de Salud; MINSA-PERU. Serie de Normas Técnicas N. ° 44. 59-100.
- Husarova L., Machovsky M., Gerych P., Houser J., Kountny M. 2010. Aerobic biodegradation of calcium carbonate filled polyethylene film containing pro-oxidant additives. *Polymer Degradation and Stability*. Husarova L., Machovsky M., Gerych P., Houser J., Kountny M. 2010.
- Ishigaki T., Sugano W., Ike M., Fujita M. 2011. Enzymatic degradation of cellulose acetate plastic by novel degrading bacterium *Bacillus* sp. S2055. *Journal of Bioscience and Bioengineering*. 90 (4), 400-405. [DOI: 10.1016 / s1389-1723 \(01\) 80008-6](https://doi.org/10.1016/j.jb.2011.08.008)
- Johnson E., Pometto L., Nikolov L. 1993. Degradation of degradable Starch-Polyethylene Plastics in compost Environment. *Applied and Environmental Microbiology*.
- Kavelman B. 1978. Degradation of a plastic Polyepsiloncaprolactone by hiphomycetes. *Micologia*, 70: 867-103.
- Kirchman L. 2017. Biodegradabilidad teórica de envases plásticos. *Metabolismo en la degradación de polietileno de baja densidad por hongos*. Madrid.
- Klenchuk P. 1989. Degradability II Chemistry of Plastics costs a negative vote. *Plastics International*. September: 82-85. [DOI: 10.15381/rpb. v13i3.2338](https://doi.org/10.15381/rpb.v13i3.2338)
- Koneman W., Roberts G. 1985. Diagnóstico Microbiológico/ DMicrobiological diagnosis. Texto y Atlas Color. (6ta ed.). 2335. New York. Ed. Medica Panamericana.
- Lee B., Pometto L., Fratzke A., Bailey R. 1991. Biodegradation of degradable plastic Polyethylene by *Phanaerochaete* and *Streptomyces* Species. *Applied and Environmental Microbiology*. 57: 678-685.
- Limón M. 2001. Biodegradación de polietileno de baja densidad por hongos filamentosos. UAM Iztapalapa, México. D. F.134 p.
- Martin F. 2012. Bioprospección de la degradación del polietileno. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Facultad de Ciencias básicas, Carrera de microbiología industrial Bogota D.C trabajo de tesis. <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/11849>
- Mendez A. Moreno E. 2009. Las micotoxinas: contaminantes naturales de los Alimentos Ciencia, pp.1. Recuperado de: <http://www.revistaciencia.amc>.
- Méndez R. 1998. Micromicetos en arenas costeras de Lima (tesis de maestría). UNMSM, Lima, Perú. [DOI: https://doi.org/10.15381/rpb.v13i3.2338](https://doi.org/10.15381/rpb.v13i3.2338)

-
- Motta O., Proto A., De Carlo F., Santoro E., Brunetti L., Capunzo 2009. Utilization of chemically oxidized polystyrene as co-sustrate by filamentous fungi. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*.
- Ojeda M., Dalmolin E., Forte C., Jacques S., Bento M., Camargo O. 2009. Abiotic and biotic degradation of oxo-biodegradable polyethylenes. *Polymer Degradation and Stability*.
- Plastivida Boletín técnico informativo N° 21. 2012. *Degradación de los materiales plásticos*. CIT Centro de información Técnica. Gerencia Técnica. Argentina. Entidad técnica profesional especializado en plásticos y Medio ambiente. www.Plastivida.com.ar.
- Posada B. 2008. *Revista Universidad Eafit -N° 94, Ingeniería Metalúrgica*. Universidad de Antioquia.
- Rodríguez M., Machaca L., Choque A., Flores N. 2014. Plan Regional de acción ambiental Puno 2014 – 2021. Puno, Perú: Gerencia Regional de Recursos Naturales y del Medio Ambiente.
- Shah A., Hasan F., Hameed A., Ahmed S. 2008. Biological degradation of plastics: A comprehensive review. *Biotechnology Advances*. 26, 246-265.
- Uribe D., Giraldo S., Fernando M. 2010. Biodegradación de polietileno por acción de un consorcio microbiano aislado de un relleno sanitario, Lima, Perú. *Rev. Perú Biol Laboratorio de Microbiología y Biotecnología microbiana*. Facultad de Ciencias Biológicas UNMSM. 17(1):133-136. ISSN 1727-9933 División de ciencias biológicas y de la Salud.
- Vergaray G. 1989. Aislamiento, selección y caracterización de hongos nativos amilolíticos y fermentadores alcohólicos (tesis de doctorado). UNMSM, Lima, Perú.
- Whitekettle K. 1992. Effect of Surface-active chemicals on microbial adhesion. *Journal of Indian Microbiology*. 7:105-116.
- Ying, Z., Ernest A. 2005. Review of Plastic Waste Biodegradation. *Critical Reviews in Biotechnology*. 25:243 ± 250.
- Zahra S., Abbas S., Mahsa T., Mohsen N. 2010. Biodegradation of low- density polyethylene (LDPE) by isolated fungi in solid waste medium. *Waste Management* 30, 396-401. [DOI: 10.1016 / j.wasman.2009.09.027](https://doi.org/10.1016/j.wasman.2009.09.027)
- Zurita M., Urcia F., Navarro M. 2017. Manual de procedimientos técnicos para el diagnóstico micológico. (1ra ed.). Lima: Ministerio de Salud, Instituto Nacional de salud.