

**UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA**

**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE BIOLOGÍA**



**AISLAMIENTO Y CARACTERIZACIÓN DE HONGOS  
FILAMENTOSOS BIODEGRADADORES DE POLIETILENO DE  
TEREFTALATO Y POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD - ICA**

**TESIS**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**BIÓLOGO**

**PRESENTADO POR:**

**BACH. IPARRAGUIRRE QUISPE, KATHERINE DEL ROSARIO**

**BACH. VIVANCO LÓPEZ, MADELEYNE**

**ICA - PERÚ**

**2015**

## DEDICATORIA

### *A Dios.*

*Por bendecirme cada mañana al despertar,  
confortar mi alma y guiarme por sendas de  
justicia y amor.*

### *A mi abuelita*

*Por ser un ejemplo de amor y bondad, enseñar a  
no rendirme, seguir adelante, esforzarme.  
Donatila eres la inspiración para cumplir mis  
metas. Desde el cielo me cuidas y me envías tu  
bendición.*

### *A mis padres.*

*Lic. Nelly Quispe Vilches e Ing. José  
Iparraguirre CHiroque, por su amor y consejos,  
gracias por hacer realidad mis sueños.*

*Agradezco especialmente a mis tías por su  
paciencia, confianza, amor y buenos deseos. A  
mis primos por su apoyo y cariño, a mis amigas  
gracias por su confianza.*

*Katherine del Rosario*

## **DEDICATORIA**

### ***A Dios***

*Por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.*

### ***A mi madre***

*Edelmira López Santillán por todo su cariño, esfuerzo, sacrificio, ejemplo, comprensión y sobre todo su amor he podido lograr un objetivo trazado en mi vida, a pesar de todas las dificultades que se han presentado a lo largo de este recorrido.*

### ***A mi hermana***

*Rosario Vivanco López, que siempre ha estado junto a mí y brindándome su apoyo, muchas veces poniéndose en el papel de padre.*

### ***A mi novio***

*Alonso Chacaltana Espino, quien me apoyó y alentó para continuar, cuando parecía que me iba a rendir.*

***Madeleyne***

## **AGRADECIMIENTOS**

Durante el transcurso de este trabajo tuvimos la fortuna de contar con el apoyo de muchas personas, las cuales de una u otra forma contribuyeron para la realización del mismo. Agradecemos a cada uno de ellos su valiosa cooperación, pero especialmente queremos expresar nuestra gratitud a las siguientes:

A Dios por protegernos durante todo nuestro camino y darnos fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de nuestra vida.

A nuestra familia, a nuestros padres y hermanos, por confiar en nosotras y brindarnos de manera incondicional el amor y la compañía del día a día, de igual forma por el apoyo moral y económico que permitieron concluir con el desarrollo de esta tesis.

A la MBIga. Marianella Salinas Fuentes y al MBIgo. Juan José Guillermo Albitres, por habernos brindado la suficiente confianza para poder realizar este trabajo de investigación, además por su valiosa guía, consejos e innumerables sugerencias, paciencia y amistad.

Al Instituto Nacional de Salud (INS) Lima - Perú, en especial a la Laboratorista Clínica Flor Alida Navarro Mariñas, por su desinteresada participación en la confirmación de las cepas de hongos filamentosos.

Al Químico Farmacéutico Juan Pedro Angulo Mendoza por su tiempo dedicado en resolver ciertas interrogantes presentadas durante el desarrollo de nuestra tesis.

Al Mag. Walter Ramos Mayurí, nuestro agradecimiento por apoyarnos y asesorarnos en la parte estadística.

A los docentes de la Facultad de Ciencias Biológicas, que de alguna manera u otra nos brindaron sus conocimientos durante la elaboración y ejecución de la tesis.

Al personal técnico del Laboratorio de la Facultad de Ciencias Biológicas: Alberto Peña Flores, Pío Huamaní Moran y Manuel Medina Angulo por su colaboración durante la ejecución de la tesis.

A nuestros amigos, compañeros y a todas aquellas personas que pusieron su granito de arena para poder culminar con esta investigación. Gracias a todos.

## INDICE

	Pág.
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	iii
RESUMEN.....	Vii
ABSTRACT.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES.....	4
III. MATERIAL Y MÉTODOS.....	8
3.1. Material.....	8
3.1.1. Material biológico.....	8
3.2. Métodos.....	8
3.2.1. Toma de muestra.....	8
3.2.2. Aislamiento de hongos filamentosos.....	9
3.2.2.1. Lavado de muestras plásticas.....	9
3.2.2.2. Aislamiento de los hongos filamentosos.....	9
3.2.3. Obtención de colonias puras.....	10
3.2.4. Identificación de las cepas de hongos filamentosos.....	10
3.2.5. Evaluación de la actividad degradativa.....	10
3.2.5.1. Preparación del inóculo.....	10
3.2.5.2. Ensayo de biodegradación.....	11

3.2.6. Prueba cualitativa de la degradación de PET y PELD.....	12
3.2.7. Prueba cuantitativa de la degradación de PET y PELD.....	12
IV. RESULTADOS.....	14
V. DISCUSIÓN.....	34
VI. CONCLUSIONES.....	39
VII. RECOMENDACIONES.....	40
VIII. REFERENCIAS.....	41
IX. ANEXOS.....	46

## RESUMEN

Los hongos filamentosos tienen la capacidad de degradar polímeros complejos, residuos sólidos, mediante la secreción de enzimas extracelulares que descomponen los polímeros en compuestos simples. El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo aislar y caracterizar hongos filamentosos degradadores de polietileno de tereftalato (PET) y polietileno de baja densidad (LDPE). Las muestras plásticas con evidencias de deterioro fueron obtenidas de un antiguo botadero de residuos sólidos en Santiago – Ica.

Para el aislamiento de hongos se utilizó el agar Sabourad, las cepas aisladas fueron identificadas de acuerdo a claves taxonómicas y confirmadas por el Instituto Nacional de Salud. Para evidenciar la biodegradación de las cepas se utilizó la técnica de Kavelman y Kendrick, a temperatura 25 - 30°C y a pH 5 -7 durante dos meses. Se aislaron ocho cepas de PET de las cuales cinco cepas fueron biodegradadoras y once cepas del LDPE siendo ocho degradadoras. La cepa de mayor actividad biodegradadora en PET y LDPE pertenece al género *Mucor* perdiendo 1.3% de peso en PET a 25°C – pH 5 y 20% LDPE a temperatura 25°C y pH 5-7.

Se concluye que los hongos filamentosos pueden ser eficientes en la degradación de polietileno.

**Palabras claves:** biodegradación, hongos filamentosos, plásticos, polietileno de baja densidad, polietileno de tereftalato.



## ABSTRACT

The filamentous fungi have the ability to degrade complex polymers, solid waste through secretion of extracellular enzymes that break down polymers into simple compounds. The present research work aimed at isolating and characterization filamentous fungi that degrading polyethylene terephthalate (PET) and low density polyethylene (LDPE). Plastic materials with evidence of deterioration were obtained from former garbage dump solid waste, Santiago – Ica.

For the isolation of fungi used the agar Sabourad, the strains isolates were identified according to taxonomic keys and confirmed by the National Institute of Health. To demonstrate the biodegradation of the strains we used the method of Kavelman and Kendrick, to temperature 25- 30°C and pH 5 -7 for two months.

Eight strains were isolated of PET from which five were biodegradative and eleven strains of LDPE being so eight degrading. The strain of greater biodegradative activity in PET and LDPE belongs to the genus *Mucor* losing 1.3% by weight of PET to 25°C - pH 5 and 20% of LDPE to temperature 25°C and pH 5-7.

It is concluded that the filamentous fungi can be efficient in the degradation of polyethylene.

**Key words:** biodegradation, filamentous fungi, plastics, polyethylene terephthalate, low density polyethylene.

## I. INTRODUCCIÓN

Los hongos constituyen un grupo muy numeroso de organismos que presentan una amplia distribución en la naturaleza, contribuyendo a la descomposición de la materia orgánica y participando en los ciclos biológicos (Arenas, 2011).

Los hongos no poseen cloroplastos, por tanto no son fotosintéticos; son organismos heterotróficos, debido a que no pueden manufacturar sus propios nutrientes como las bacterias; su nutrición es siempre por absorción de sustancias orgánicas simples o elaboradas; se realiza de dos maneras: la primera como saprófito cuando toma sus nutrientes de materia orgánica muerta o en descomposición y la segunda como parásito cuando se nutre de materia viva. Para su crecimiento necesitan carbohidratos como fuente de carbono, sobre todo glucosa, sacarosa y maltosa; nitrógeno y  $H_2O$ ; precisan también de iones inorgánicos más comunes, en especial: potasio, fósforo y magnesio (Bonifaz, 2012). Estos organismos sintetizan enzimas intra y extracelulares como la amilasa, proteasa y lipasa, que tienen capacidad para transformar prácticamente cualquier tipo de sustrato orgánico y participan en la oxidación en algunos compuestos inorgánicos y de esta forma es que ellos lo absorben; según Llop y col. 2001 más de 30 especies de hongos pueden digerir el petróleo, mientras que otros pueden digerir los plásticos

En la actualidad, los plásticos en general son productos muy utilizados y fabricados en grandes cantidades, sin embargo debido a su difícil degradación se han vuelto un serio problema ambiental a nivel mundial (Allsopp y Walters, 2007) en suelos y océanos (Ecomundo, 2011). Los plásticos son materiales poliméricos orgánicos

sintéticos derivado del petróleo casi indispensable en la vida cotidiana gracias a su versatilidad, durabilidad, estabilidad, resistencia a condiciones ambientales y bajo costo (Méndez y col. 2007). En el mundo y el Perú los plásticos de mayor uso son el PET que es un plástico compuesto principalmente de ácido tereftálico y etilenglicol (Reyes, 2009) y LDPE son polímeros de etileno que contienen una concentración significativa de ramificaciones, dando lugar a valores bajos de densidad (Domínguez, 2009).

Actualmente, la degradación microbiana de los plásticos está siendo considerada como una alternativa para solucionar el problema de la disposición final de los residuos plásticos, ya que aún no existe una solución para su eliminación o aprovechamiento adecuado sin causar daños en el ambiente donde, a diferencia de la incineración, las condiciones de operación no son drásticas ni costosas. La biodegradación que es un proceso metabólico y enzimático realizado por organismos como bacterias y algunos hongos, los cuales secretan enzimas que se encargan de romper la estructura molecular del plástico reduciendo su peso a través del tiempo (Tokiwa, 2009). En recientes investigaciones se conoce que los hongos tienen la capacidad de sintetizar enzimas inespecíficas, involucradas en la asimilación de celulosa y lignina, que degradan compuestos de estructuras complejas, tóxico y de alto peso molecular (Colombo y col. 1996). También otros investigadores como Lee y col. 1991; Weiland y David, 1995; Manzur y col. 1997 han demostrado que los hongos degradadores de lignina y celulosa como: *Phanerochaete chrysosporium*, *Aspergillus niger*, *Penicillium pinophilum* y *Gliocladium virens* tienen la capacidad para degradar productos de polietileno oxidados, algunos de estos microorganismos sintetizan enzimas extracelulares que

degradan macromoléculas a moléculas más pequeñas que pueden entrar en la célula como por ejemplo *A. niger*, *G. virens* y *Chaetomium globosum* sintetizan enzimas oxigenasas (monooxigenasa, alcohol deshidrogenasa) necesarias para degradar el polietileno (Volke, 1997).

A pesar de los estudios documentados sobre la biodegradación de plástico por hongos filamentosos los avances son aun limitados por lo que se debe realizar nuevos aislamientos y ensayar las condiciones óptimas en la biodegradación de los plásticos. Por esta razón el presente trabajo de investigación tuvo como objetivo general aislar y caracterizar hongos filamentosos biodegradadores de muestras plásticas recolectadas de un antiguo botadero de residuos sólidos, Santiago - Ica. y como objetivos específicos: determinar que géneros de hongos filamentosos aislados tienen actividad degradadora del polietileno de tereftalato y polietileno de baja densidad, identificar que géneros de hongos filamentosos aislados son los más eficientes en degradar el polietileno de tereftalato y polietileno de baja densidad y determinar si existe diferencia significativa en los géneros en la eficiencia de degradación de PET y LDPE, que pueden utilizarse como una alternativa para reducir la contaminación por los plásticos.

## II. ANTECEDENTES

### A nivel internacional

**Volke (1997)** en México, estudiaron los efectos de los tratamientos fisicoquímicos (TFQ) y cometabolismo en la degradación de polietileno de baja densidad por hongos filamentosos, las muestras de LDPE pulverizadas y tratadas con temperatura y radiación gamma fueron incubados a 30°C durante 31 meses con cultivos puros de *A. niger* o *P. pinophilum*, y con cultivo mixto (*A. niger*, *P. pinophilum*, *Aureobasidium pullulans*, *G. virens*, *C. globosum* y *P. chrysosporium*) durante 27 meses. En cultivos axénicos, la cepa de *P. pinophilum* en presencia y ausencia de etanol como cosustrato, mostraron mayor eficiencia en la biodegradación del LDPE termooxidado, que la cepa de *A. niger*. Demostraron que el micelio de algunos hongos presentes en el consorcio microbiano tuvo la capacidad de colonizar y penetrar en la estructura de LDPE.

**Limón (2001)** en México, investigó la biodegradación de polietileno de baja densidad por hongos filamentosos donde el LDPE fue sometido a dos TFQ (temperatura y envejecimiento acelerado). Para el tratamiento biológico incubaron el LDPE con un consorcio de cuatro hongos filamentosos (*A. niger*, *P. pinophilum*, *G. virens* y *P. chrysosporium*) en condiciones aeróbicas durante 9 meses a 30°C. Los TFQ promovieron cambios químicos y morfológicos en el LDPE, el tratamiento térmico favoreció más la biodegradabilidad del LDPE. Observaron crecimiento superficial de microorganismos en todas las muestras con TFQ y penetración de hifas en las muestras más oxidadas.

**Clutario y Cuevas (2001)** en Francia, realizaron estudios para mostrar evidencias físicas de la colonización de las tiras de plástico de polietileno por *Xylaria sp.* mediante microscopía electrónica de barrido. En condiciones ambientales óptimas para el crecimiento del hongo, tales como la temperatura y la concentración de iones de hidrógeno determinaron por cultivar el organismo en diferentes medios de comunicación mineral con diferentes sustratos como el ácido tánico, ácido gálico, papel de filtro de celulosa y como fuentes de carbono. Luego lo cultivaron en condiciones óptimas donde el crecimiento fue vigoroso en medio mineral con 0,5 % de glucosa y tiras de plástico como fuente carbono a 25°C y a pH 5. Los daños visibles en la estructura de la superficie de las tiras de plástico por *Xylaria sp* fueron observados con la microscopía electrónica de barrido.

**Gonzalez y Camarena (2010)** en México, determinaron la biodegradación de plástico por *Rhizopus sp.*, las bolsas de plástico fueron obtenidas de un basurero y trasladados al laboratorio donde separaron una comunidad de hongos adheridas a las bolsas, después aislaron hongos del género *Rhizopus*. La actividad biodegradadora la determinaron con la técnica de Kavelman y Kendrick, a temperaturas entre 28 y 30°C y a pH 5 – 7. Sembraron el género *Rhizopus sp.* sobre tiras de LDPE en agar Czapeck y bajo el microscopio observaron que el hongo crecía sobre el plástico generando cambios en el color, corrosión de la superficie, formación de agujeros o grietas en el plástico. Sus resultados sugieren que los hongos del género *Rhizopus sp.* forman parte de una comunidad multicelular que puede ser más eficiente en la degradación de polietileno de baja densidad.

### **A nivel nacional:**

**Méndez y col. (2007)** en Perú, aislaron y caracterizaron micromicetos biodegradadores de polietileno. La actividad biodegradadora lo determinaron con la técnica de Kavelman y Kendrick, a temperaturas entre 20 y 30°C y a pH 4,5 – 8,0. Identificaron veinte cepas de micromicetos de los cuales 5 (25%) evidenciaron capacidad biodegradadora de polietileno a 20°C, siendo el pH 6,5 el óptimo, la cepa de mayor rendimiento pertenece a la especie de *A. flavus*. a temperatura de 30°C, 6 (30%) cepas evidenciaron actividad degradadora, siendo pH 6,5 el óptimo, la cepa de mayor rendimiento fue la misma del caso anterior.

**Uribe y col. (2010)** en Perú, aislaron y determinaron la actividad degradativa de polietileno de baja densidad por acción de un consorcio microbiano. Los microorganismos que aislaron de materiales plásticos con evidencias de deterioro procedieron de un relleno sanitario. Las muestras fueron filtradas y preseleccionadas en medio de sales minerales a pH 5,5 y 7, para hongos y bacterias respectivamente. Aislaron 6 cepas identificadas como (*Pseudomonas* sp. MP3a y MP3b, *Penicillium* sp., *Rhodotorula* sp., *Hyalodendron* sp. y una levadura no identificada) a 20°C durante 45 días. La acción degradativa del consorcio microbiano aislado lo evidenciaron por variaciones en el espectro infrarrojo del polietileno con respecto al polímero sin tratamiento donde observaron la reducción del índice de carbonilo y de terminaciones con dobles enlaces. Finalmente determinaron el porcentaje de peso perdido de polietileno en un periodo de incubación de 2 meses sometido a cepas aisladas, observándose una disminución de 5,4% del peso total del polietileno a pH 7 y 4,8% a pH 5,5.

A nivel local no existen estudios relacionados sobre aislamiento y caracterización de hongos filamentosos biodegradadores de polietileno de tereftalato y polietileno de baja densidad - Ica.



### **III: MATERIAL Y MÉTODOS**

#### **3.1. MATERIALES:**

##### **3.1.1. Material biológico**

Hongos filamentosos aislados de polietileno de tereftalato y polietileno de baja densidad con signos de deterioro obtenidas de un antiguo botadero de residuos sólidos, Santiago - Ica.

##### **3.1.2. Otros materiales**

Las muestras de PET y LDPE de primer uso.

#### **3.2. MÉTODOS:**

##### **3.2.1. Toma de muestra**

El muestreo se realizó durante los meses de diciembre 2013 y enero 2014. Se colectaron 80 muestras correspondientes a botellas de bebidas (polietileno de tereftalato) y bolsas de plástico (polietileno de baja densidad); con signos de deterioro en los diferentes puntos del antiguo botadero de residuos sólidos aproximadamente a 1.0 m de profundidad. Luego de ser rotuladas fueron transportadas en bolsas plásticas de primer uso al Laboratorio de Microbiología y Parasitología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad "San Luis Gonzaga de Ica" para su debido procesamiento (Méndez y col. 2007) (Anexos, Figura 20).

### **3.2.2. Aislamiento de hongos filamentosos posibles biodegradadores de polietileno de tereftalato y polietileno de baja densidad.**

#### **3.2.2.1. Lavado de las muestras plásticas.**

Las muestras plásticas se lavaron enérgicamente empleando cepillo y agua destilada estéril, en algunos casos se raspó la muestra con cuchillo hasta que quede libre de adherencias. Luego se fraccionaron y cada fracción fue lavada con una solución de cloranfenicol, con una concentración final de 0,5 mg/mL durante 60 min y luego con agua destilada estéril durante 30 min (Méndez y col. 2007; González y col. 2010) (Anexos, Figura 21).

#### **3.2.2.2. Aislamiento de hongos filamentosos**

Para el aislamiento de los hongos, posibles causantes de biodegradación, se volvieron a fraccionar las muestras en partículas minúsculas y se sembraron en placas con agar Saboraud a pH 5,0 y se incubaron a temperatura ambiente por 3-5 días (Anexos, Figura 21).

### **3.2.3. Obtención de colonias puras**

Para obtener cultivos puros de hongos aislados se empleó el medio agar papa dextrosa (PDA) (Bonifaz, 2012).

### **3.2.4. Identificación taxonómica**

Se realizó por medio de sus características macroscópicas en placas Petri (PDA) y microscópicas empleando la técnica del microcultivo en lámina, según las claves de Barnett y Hunter (1995), Piontelli y Toro (1994).

Las cepas fueron enviadas al Instituto Nacional de Salud, Lima -Perú, para su confirmación.

Las cepas identificadas se mantuvieron en PDA a temperatura ambiente. Asimismo, las cepas aisladas e identificadas fueron conservadas en suelo estéril (Ángel, 2006; Carrillo y col. 1998).

### **3.2.5. Evaluación de la actividad degradativa de los hongos**

#### **3.2.5.1. Preparación del inóculo**

El hongo a ensayar se sembró en una placa Petri con PDA y se incubó a temperatura ambiente por 3-5 días. Las esporas se recuperaron de las placas Petri con abundante crecimiento de las cepas en fase de esporulación, la cosecha se realizó adicionando 5 – 10 mL de solución de Tween 80 al

0,1% (v/v), juntamente con 30 perlas de vidrio en condiciones estéril. Se agitó suavemente las placas hasta obtener la suspensión celular. De la suspensión obtenida se realizó diluciones seriadas en base 10 a  $10^{-5}$ , hasta una concentración de  $10^8$  conidios/mL para todas las cepas. El conteo para cada cepa se realizó colocando una gota sol cámara de Neubauer (Limón, 2001; modifi (Anexos, Figura 22).

#### **3.2.5.2. Ensayo de biodegradación**

El ensayo de la actividad degradadora de polietileno de tereftalato y polietileno de baja densidad se realizó según los procedimientos descritos por Kavelman y Kendrick (1978), utilizando como única fuente de carbono el PET y LDPE sometido a prueba. Se colocó un mililitro de la suspensión (concentración de  $10^8$  esp/mL) en una placa Petri de 9 cm de diámetro y se adicionó el medio agar Czapeck (ACZ) sin carbohidrato, fundido a  $45^{\circ}\text{C}$ . Las muestras plásticas se cortaron en cuadrados de 2 x 2 cm previamente pesados y desinfectados (fluconazol y cloranfenicol), se colocaron en el centro de la placa; se emplearon 2 controles: en el control N° 1 se utilizó el agar Czapeck con cepas

fúngicas sin polietileno mientras que en el control N° 2 se empleó el ACZ sin cepas fúngicas con polietileno. Posteriormente se incubaron durante dos meses a 25 - 30°C y a pH 5 - 7. Se realizó repeticiones por cada cepa. Periódicamente se fue observando la actividad degradadora, haciendo lecturas cada semana (Méndez y col. 2007) (Anexos, Figura 23).

#### **3.2.6. Prueba cualitativa de la degradación de PET y LDPE**

Como prueba de biodegradación se observaron en el estereoscopio, cambios en el brillo, porosidad y fisuras o grietas en las muestras plásticas, las mediciones del diámetro de las colonias se consideró el crecimiento observado en la superficie de la muestra de acuerdo a las pruebas estándares especificadas por la **ASTM G21- 90-1993** (Tabla 04); comparando con el patrón (Figuras 06 y 08).

#### **3.2.7. Prueba cuantitativa de la degradación de PET y LDPE**

Las muestras plásticas se pesaron antes de ser sometidas al ensayo de biodegradación y después de 2 meses de incubación los plásticos se desinfectaron para eliminar el biofilm generado en la superficie con fluconazol durante 60 min y luego se lavaron tres veces con agua destilada

estéril. Inmediatamente los plásticos fueron secados con papel filtro y asimismo en la estufa a 40°C por 30 min para que se encuentren en base seca y el pesaje de un valor real. Posteriormente se pesaron los cuadrados de PET y LDPE en una balanza analítica y se determinó el porcentaje de peso perdido (Uribe y col. 2010) (Anexos, Figura 24).

### **3.2.8. Análisis de los resultados**

Para el análisis de los datos obtenidos, se utilizó la prueba de Kruskal Wallis y los resultados son expresados en mediana en el programa estadístico IBM SPSS statistics v21; para determinar si existe o no diferencias significativas en los pesos residuales (miligramos) obtenidos a través del tiempo, así mismo determinar las condiciones ambientales en las que se logra la mayor actividad biodegradadora.

#### IV. RESULTADOS

**Tabla 01.** Caracterización macroscópica y microscópica de las cepas de hongos filamentosos aislados de polietileno de tereftalato con signos de deterioro de un antiguo botadero del distrito de Santiago - Ica.

Identificación	Características macroscópicas					Características microscópicas
	Color	forma	Textura	Crecimiento	Pigmento difusible	
<i>Aspergillus versicolor</i>	Amarillo con un halo micelial blanco	Redonda	Flocoso	Lento	Amarillo gris	Hifas septadas hialinas, cabezas conidiales radiadas, biseriadas y conidios globosos.
<i>Aspergillus fumigatus</i>	Verde, con un halo micelial blanco	Redonda radialmente surcada	Aterciopelada	Lento	Ligeramente amarillo	Hifas septadas hialinas, cabeza conidial columnar, uniseriadas y conidios globosos.
<i>Alternaria alternata</i>	Café oscuro	Redonda	Aterciopelada	Lento	Café oscuro	Hifas septadas dematiáceas, dictioconidios dispuestos en cadenas
<i>Bipolaris sorokiniana</i>	Marrón oscuro	Redonda	Aterciopelada	Lento	Ligeramente rojo	Hifas septadas dematiáceas, fragmoconidios.
<i>Beltrania rhombica</i>	Marrón	Redonda	Flocoso	Lento	Ligeramente café oscuro	Hifas septadas dematiáceas y fragmoconidios.
<i>Cladosporium cladosporoides</i>	Verde oscuro.	Redonda radialmente surcada	Aterciopelada	Lento	No presenta	Hifas septadas dematiáceas y ameroconidios dispuestos en hormodendrum.
<i>Mucor sp.</i>	Crema	Circular con orillas filamentosas	Algodonosa	Rápido	Ligeramente amarillo	Hifas cenocíticas hialinas, presentan esporangioforo con ramificaciones irregulares, esporangio globoso y sin rizoides ni stolon.
<i>Stemphylium sp</i>	Marrón oscuro	Redonda	Flocoso	Lento	No presenta	Hifas septadas dematiáceas y dictioconidios con un solo poro.

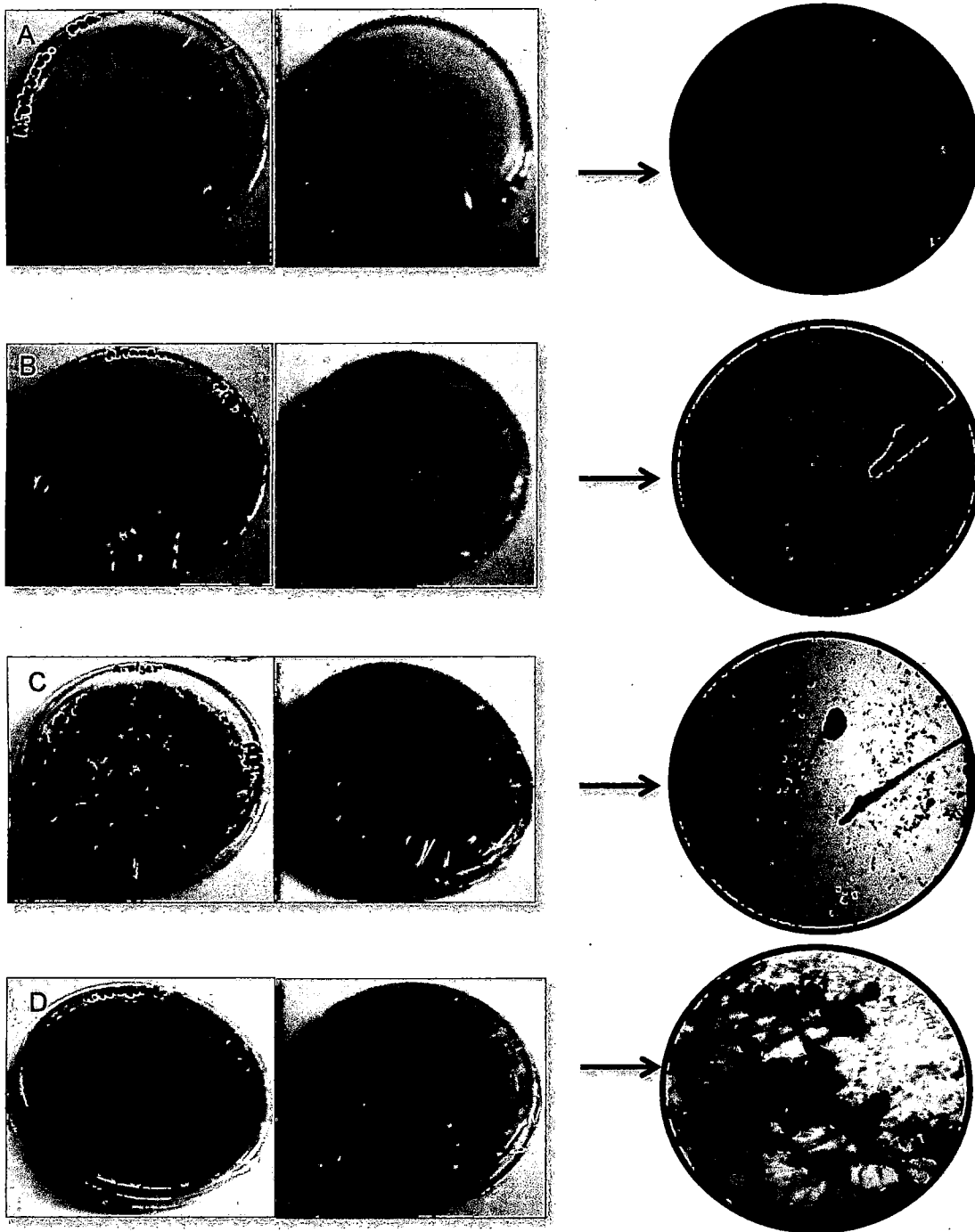
**Tabla 02.** Caracterización macroscópica y microscópica de las cepas de hongos filamentosos aislados de polietileno de baja densidad con signos de deterioro de un antiguo botadero del distrito de Santiago - Ica.

Identificación	Características macroscópicas					Características microscópicas
	Color	forma	Textura	Crecimiento	Pigmento difusible	
<i>Aspergillus violáceofuscus</i>	Ocre	Redonda	Flocoso	Lento	Amarillo claro	Hifas septadas hialinas, cabezas conidiales radiadas, biseriadas y conidios esféricos.
<i>Aspergillus niger</i>	Negro	Redonda	polvoso	Rápido	Amarillo claro	Hifas septadas hialinas, cabezas conidiales radiadas, biseriadas y conidios globosos.
<i>Aspergillus fumigatus</i>	verde,	Redonda radialmente surcada	Aterciopelada	Lento	Ligeramente amarillo	Hifas septadas hialinas, cabeza conidial columnar, uniseriadas y conidios globosos.
<i>Aspergillus flavus</i>	Verde oliva	Redonda	Polvosa aterciopelada	Lento	Amarillo claro	Hifas septadas hialinas, cabezas conidiales radiadas, biseriadas y conidios globosos.
<i>Alternaria alternata</i>	Café oscuro	Redonda	Aterciopelada	Lento	Café oscuro	Hifas septadas dematiáceas, dictioconidios dispuestos en cadenas
<i>Penicillium purpurogenum</i>	Verde oscuro	Redonda	Aterciopelada	Lento	Rojo	Hifas septadas hialinas, cabeza conidial biverticilada y conidios elípticos.
<i>Penicillium griseofulvum</i>	Gris	Redonda	Aterciopelada	Lento	Amarillo claro	Hifas septadas hialinas, cabeza conidial terverticilada y conidios elípticos.
<i>Penicillium chrysogenum</i>	verde	Redonda	Aterciopelada	Lento	Amarillo claro	Hifas septadas hialinas, cabeza conidial terverticilada y conidios elípticos.
<i>Mucor sp.</i>	Crema	Circular con orillas filamentosas	Algodonosa	Rápido	Ligeramente amarillo	Hifas cenocíticas hialinas, presentan esporangioforo con ramificaciones irregulares, esporangio globoso y sin rizoides ni stolon.
<i>Rhizopus stolonifer</i>	Blanco tornándose café grisáceo	Circular con orillas filamentosas	Algodonosa	Rápido	No presenta	Hifas cenocíticas hialinas, esporangioforo sin ramificaciones, esporangio esférico negro y presenta rizoides desarrollados como también stolon.
<i>Papulaspora brachiata</i>	Marrón negro	Redonda	Flocoso	Lento	No presenta	Hifas septadas dematiáceas y poseen dictioconidios



**Características macroscópicas**

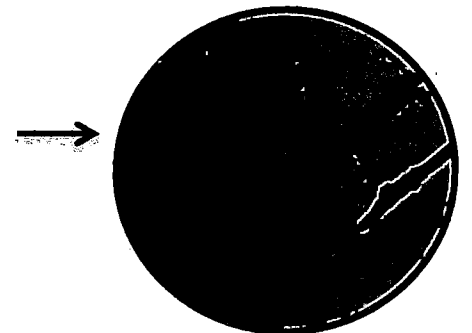
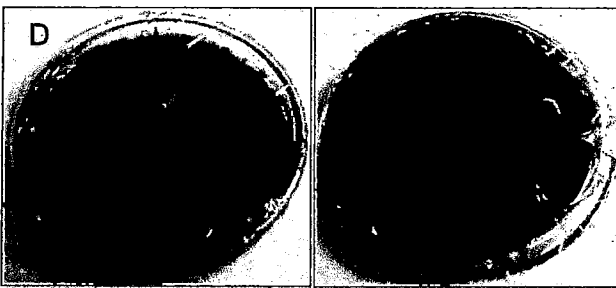
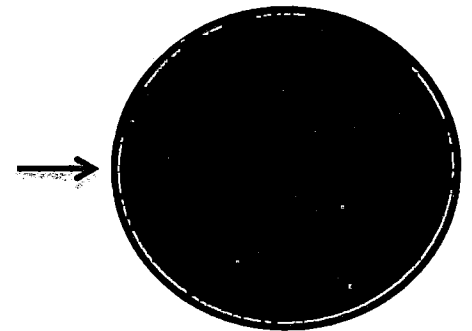
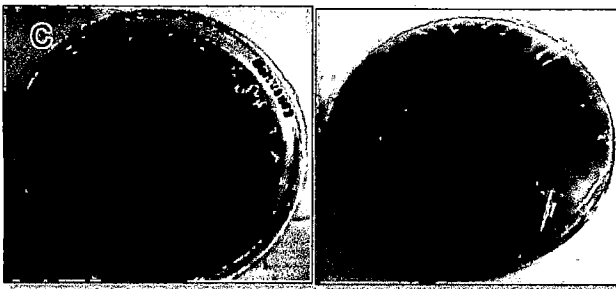
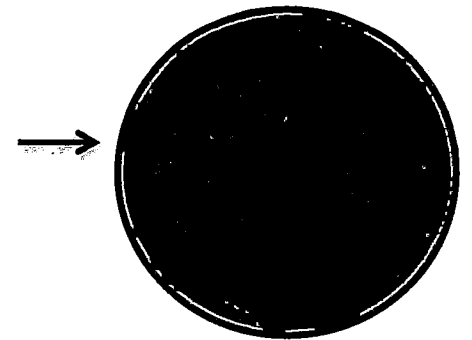
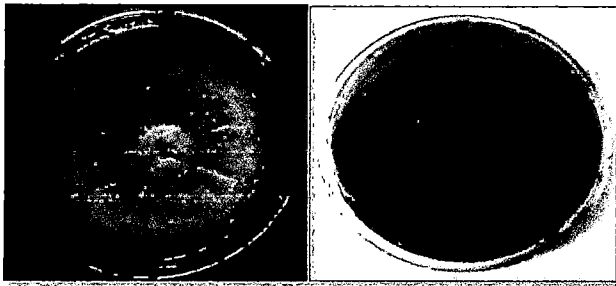
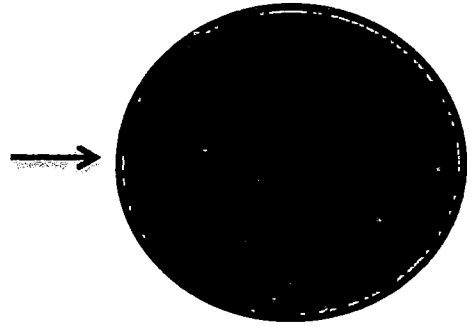
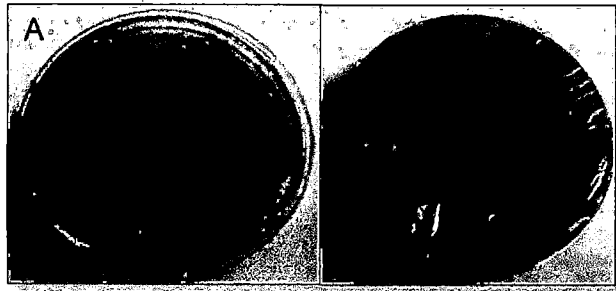
**Características microscópicas**



**Figura 01.** Características macroscópicas (anverso y reverso) y microscópicas de los hongos filamentosos aislados de PET y LDPE. A: *A. violaceofuscus*, B: *A. versicolor*, C: *A. niger*, D: *A. fumigatus*. (400x).

**Características macroscópicas**

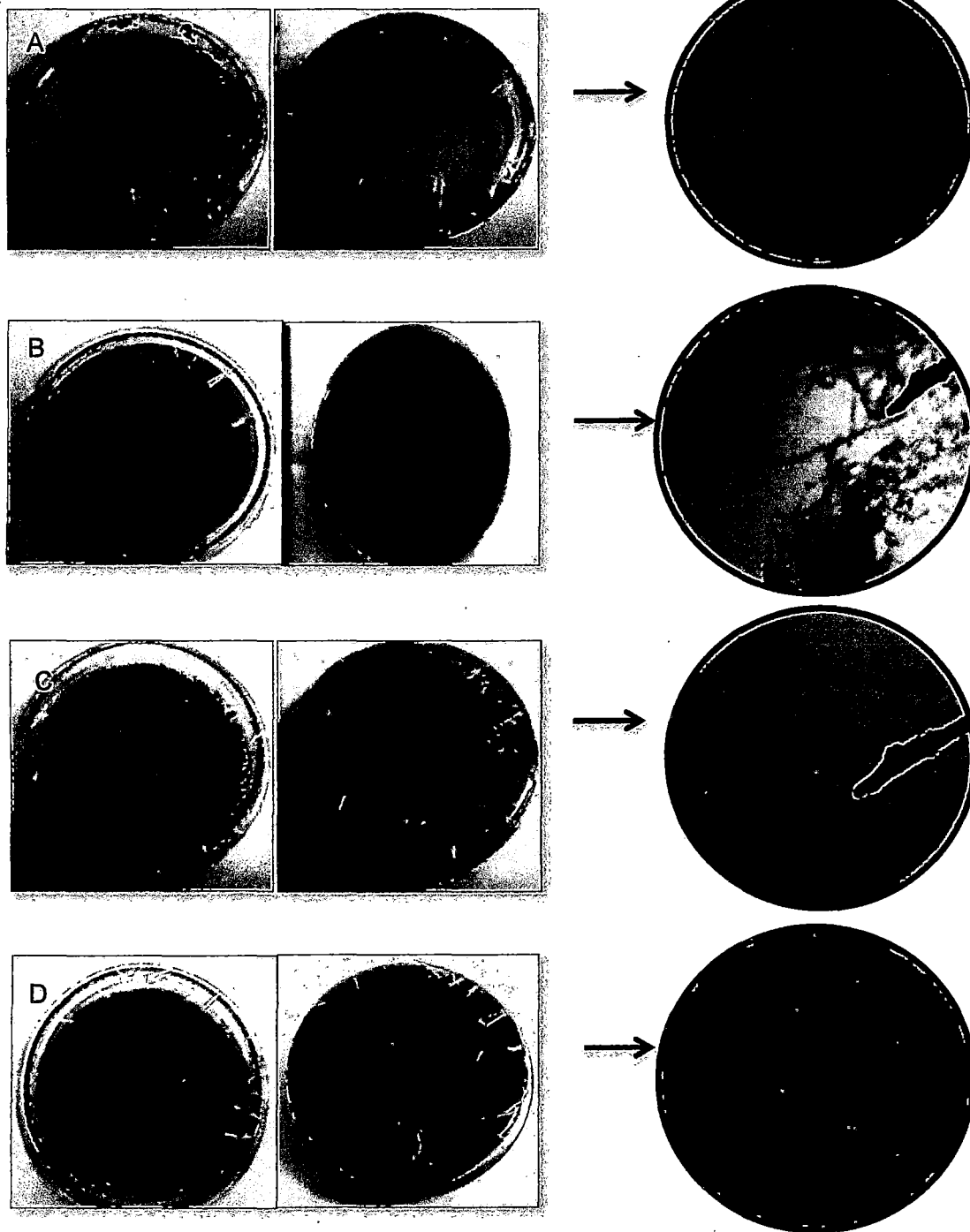
**Características microscópicas**



**Figura 02.** Características macroscópica (anverso y reverso) y microscópicas de los hongos filamentosos aislados de PET y LDPE. A: *A. flavus*, B: *B. sorokiniana*, C: *B. rhombica*, D: *C. cladosporoides*. (400x).

**Características macroscópicas**

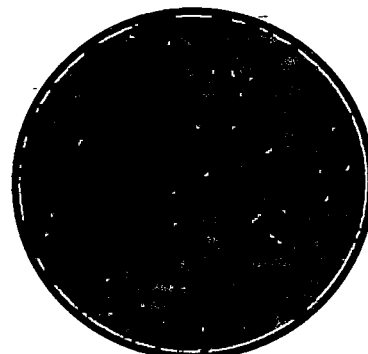
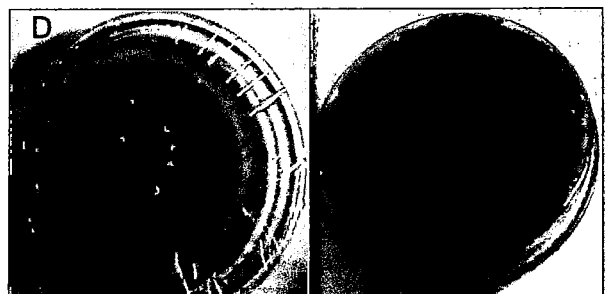
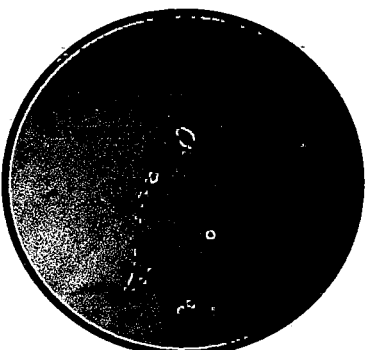
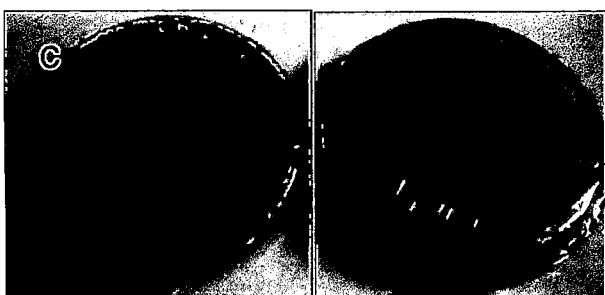
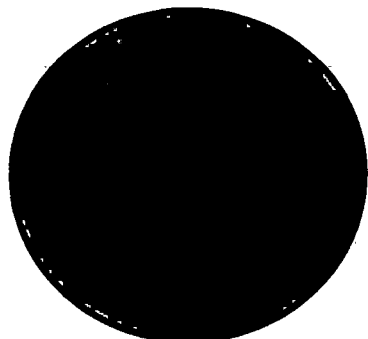
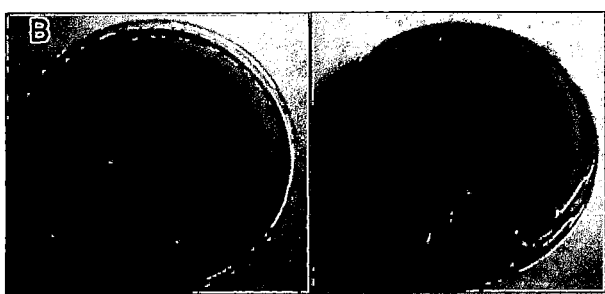
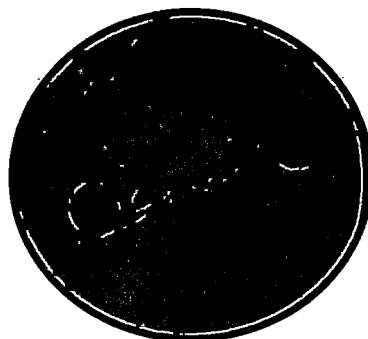
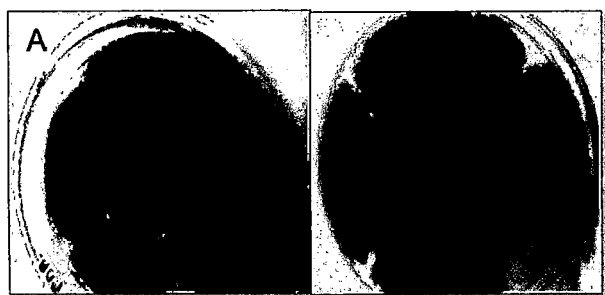
**Características microscópicas**



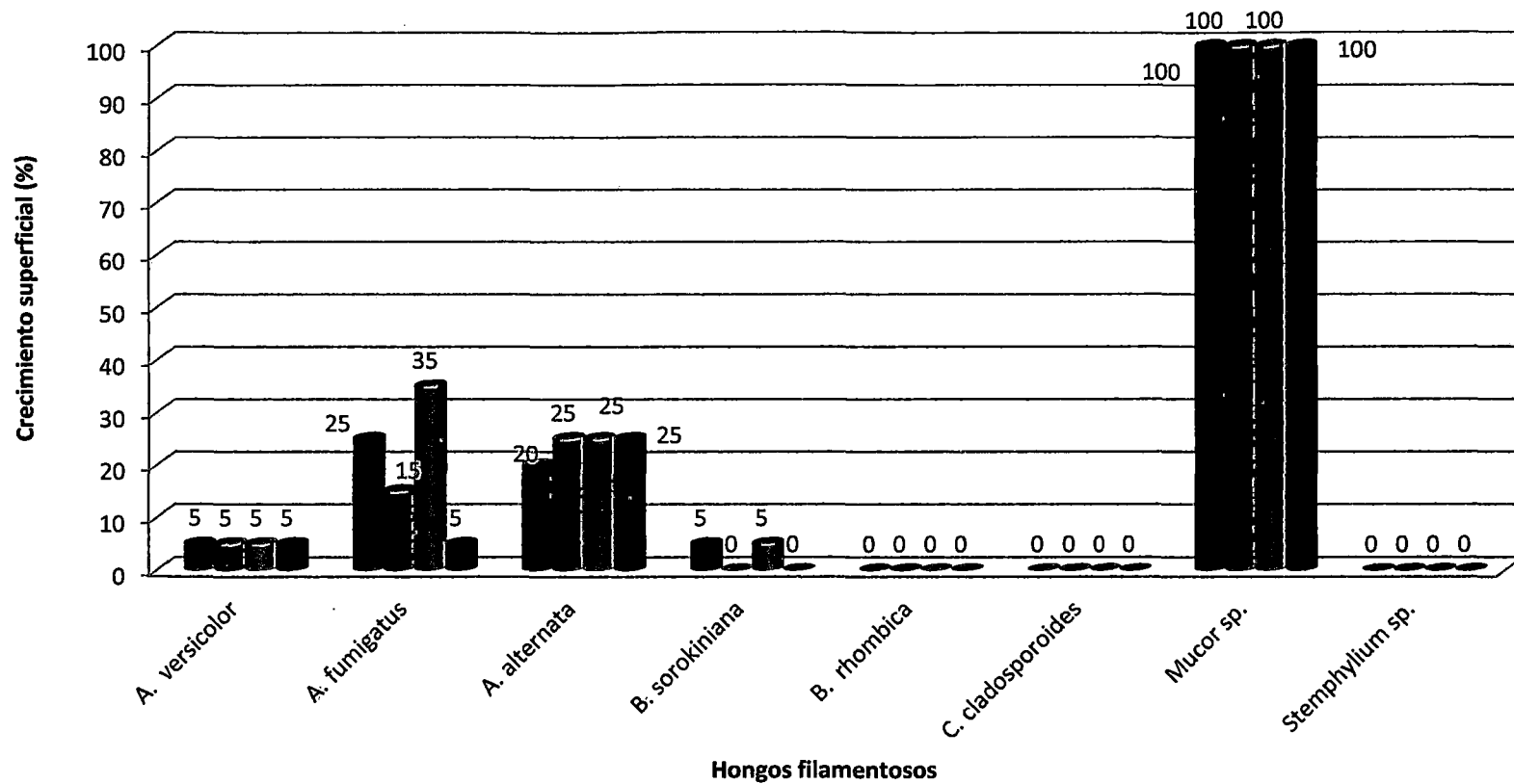
**Figura 03.** Características macroscópica (anverso y reverso) y microscópicas de los hongos filamentosos aislados de PET y LDPE. **A:** *P. chrysogenum*, **B:** *P. purpurigenum*, **C:** *P. griseofulvum*, **D:** *A. alternata*. (400x).

**Características macroscópicas**

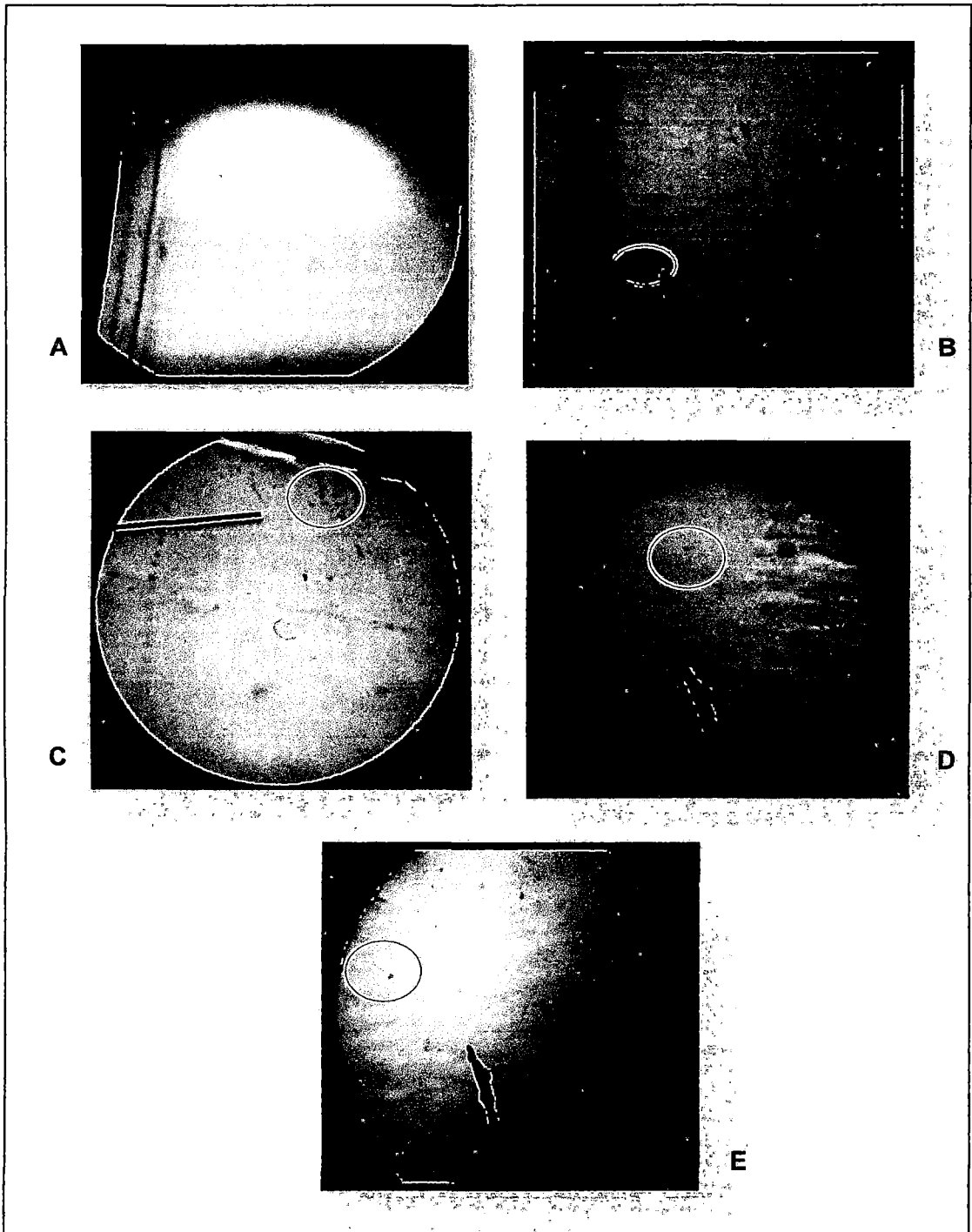
**Características microscópicas**



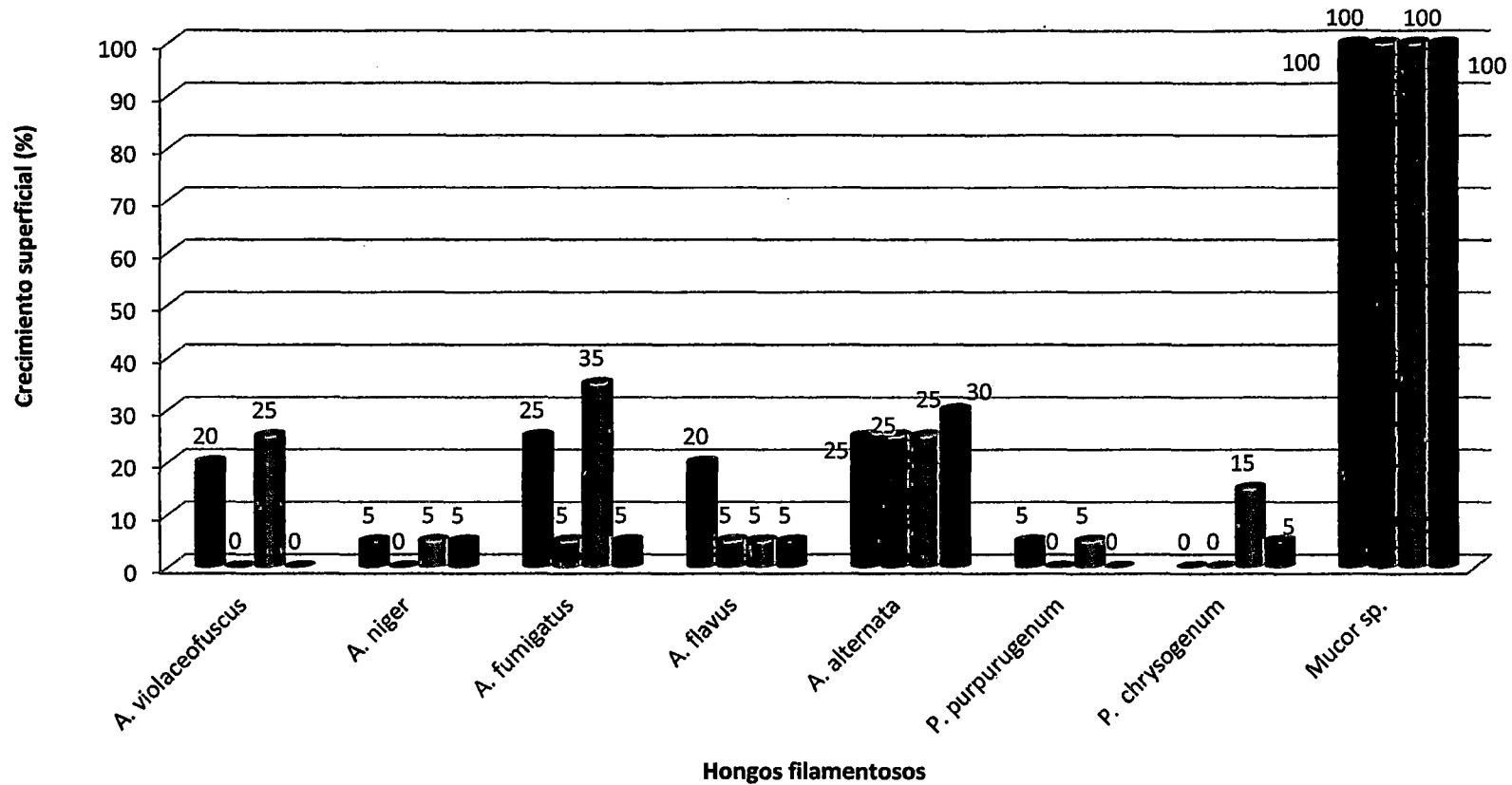
**Figura 04.** Características macroscópica (anverso y reverso) y microscópicas de los hongos filamentosos aislados de PET y LDPE. **A:** *P. brachiata*, **B:** *Mucor sp.*, **C:** *R. stolonifer*, **D:** *Stemphyllium sp.* (400x).



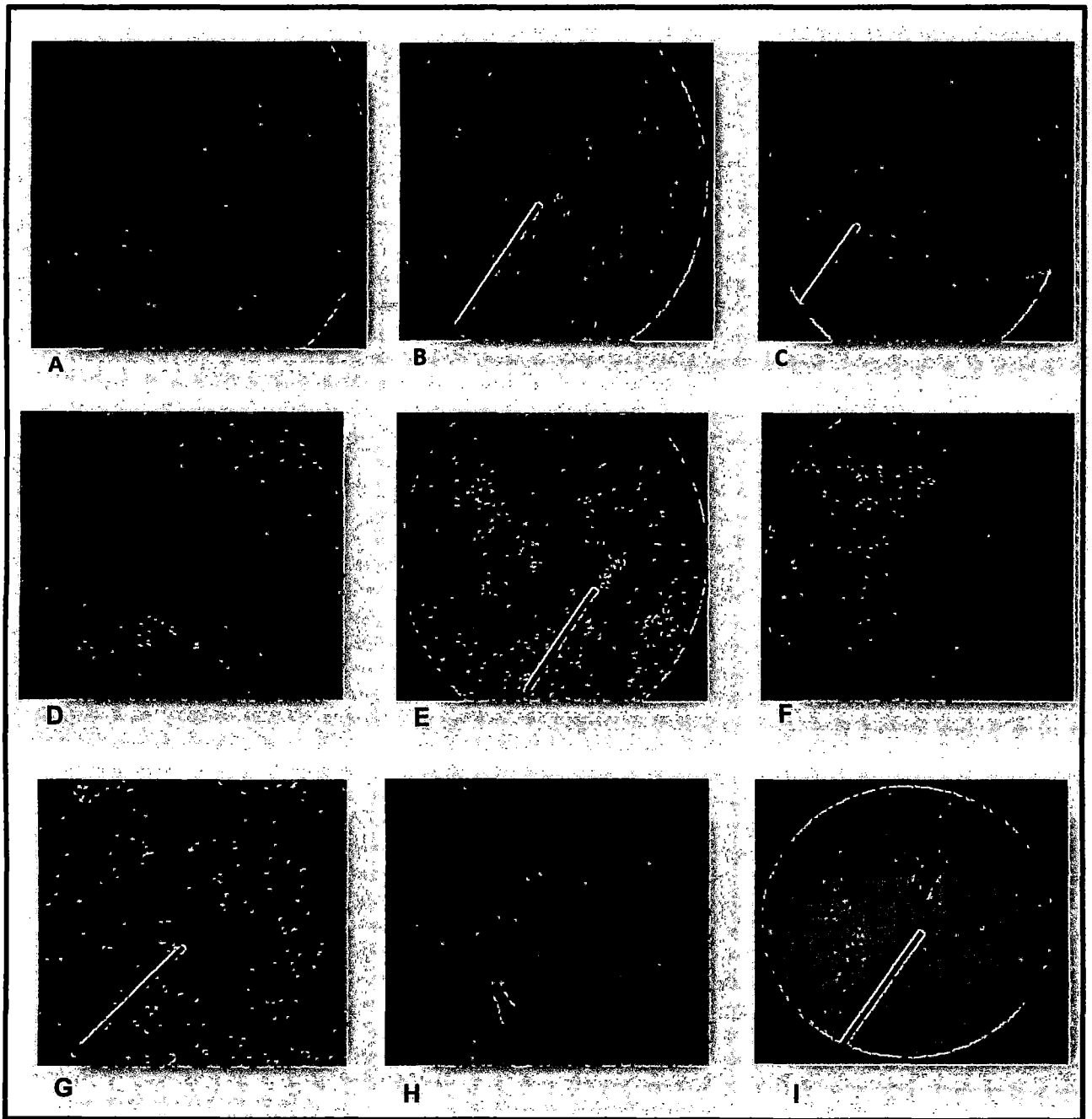
**Figura 05.** Efecto de la temperatura y el pH en la actividad cualitativa de la degradación del polietileno de tereftalato por hongos filamentosos ( ■ pH 5 a 25°C; ■ pH 7 a 25°C; ■ pH 5 a 30°C; ■ pH 7 a 30°C).



**Figura 06.** Observación microscópica de la porosidad y grietas en PET ocasionada por hongos filamentosos incubados durante 2 meses **A:** PET (control); **B:** *Mucor sp.*; **C:** *A. versicolor*; **D:** *B. sorokiniana*; **E:** *A. alternata*. (100x).

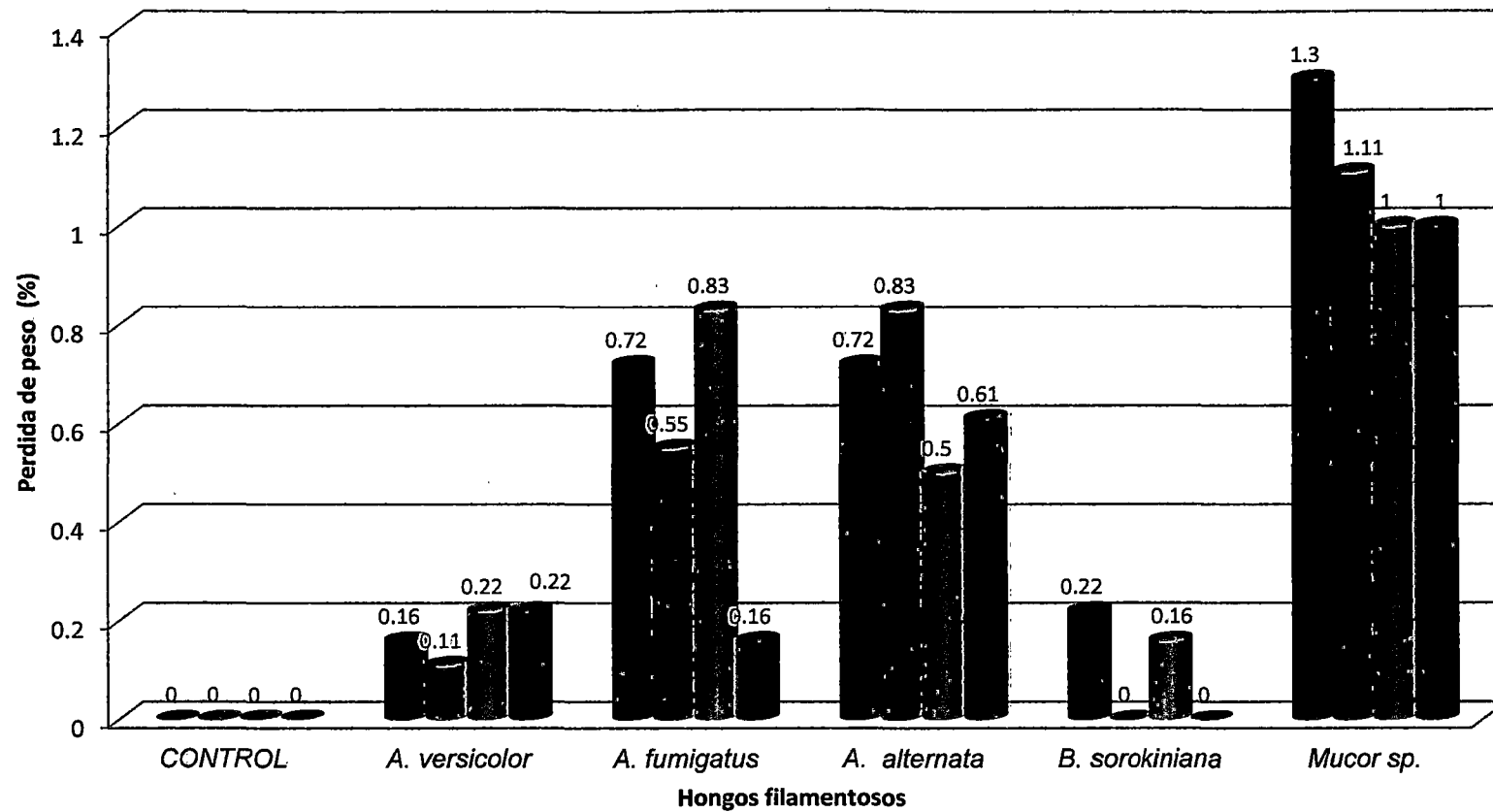


**Figura 07.** Efecto de la temperatura y el pH en la actividad cualitativa de la degradación del polietileno de baja densidad por hongos filamentosos (■ pH 5 a 25°C; ■ pH 7 a 25°C; ■ pH 5 a 30°C; ■ pH 7 a 30°C).

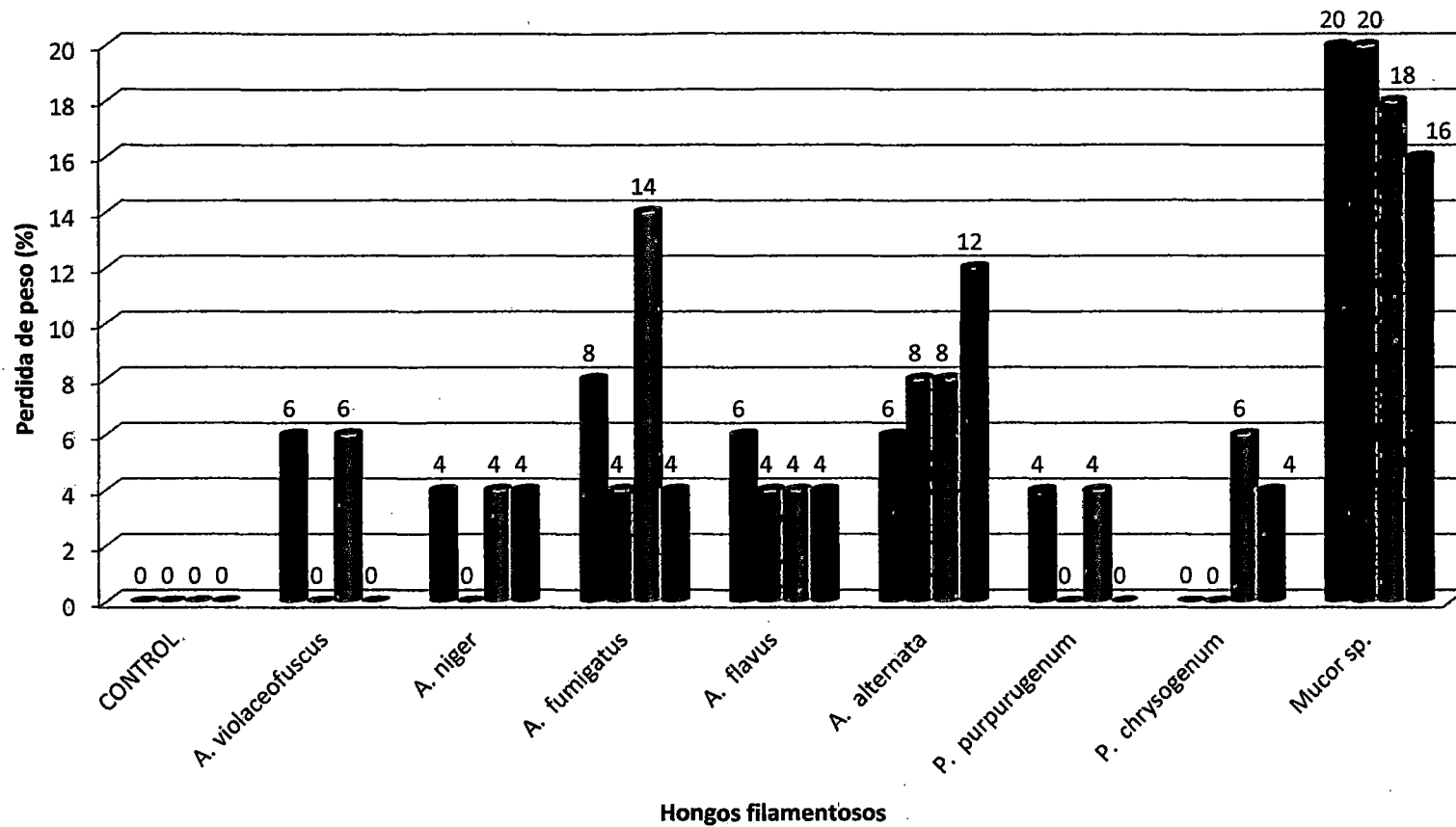


**Figura 08.** Observación microscópica de la porosidad y grietas en LDPE ocasionada por hongos filamentosos incubados durante 2 meses **A:** LDPE (control); **B:** *A. flavus*; **C:** *A. fumigatus*; **D:** *A. niger*; **E:** *P. chrysogenum*; **F:** *A. violaceofuscus*; **G:** *P. purpurogenum*; **H:** *Mucor sp.*; **I:** *A. alternata*. (100x).

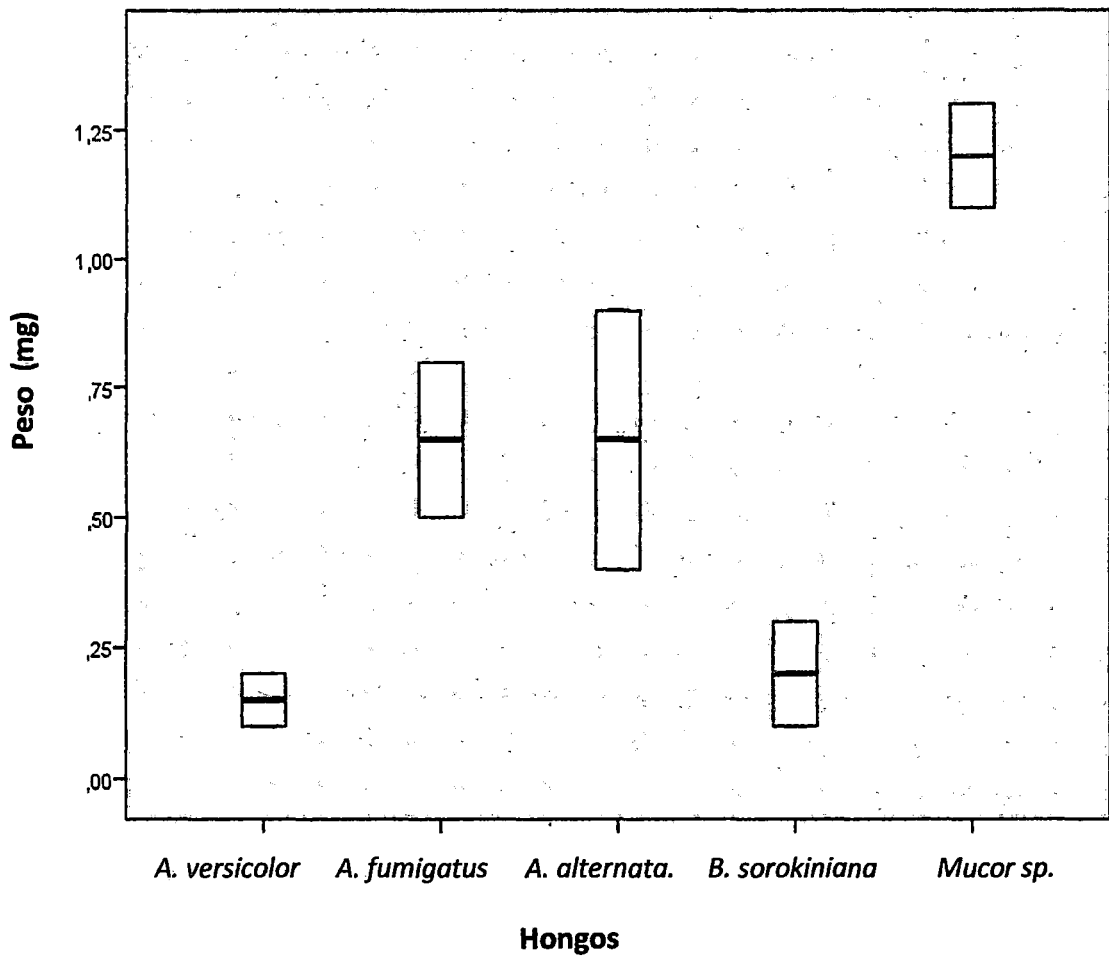




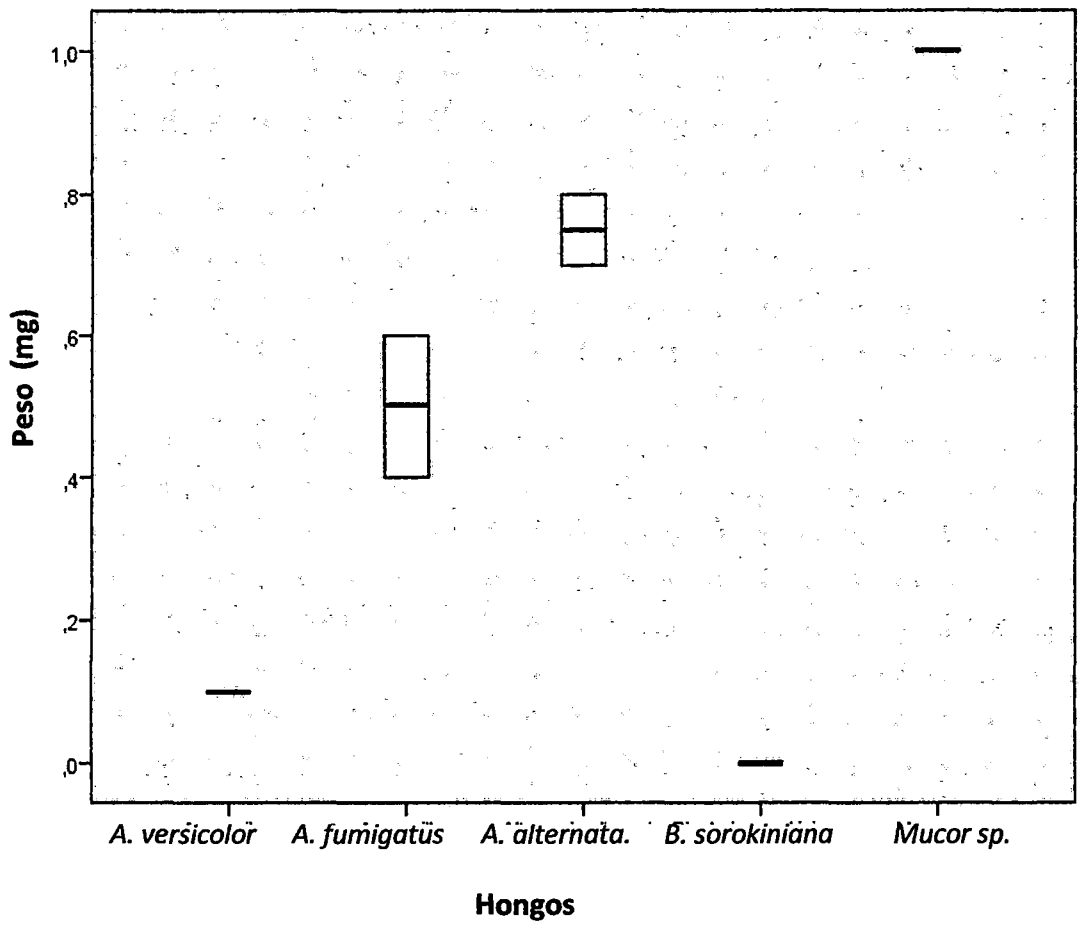
**Figura 09.** Porcentaje de pérdida de peso de PET después de dos meses de incubación con hongos filamentosos a distintas condiciones de temperatura y pH. ( ■ pH 5 a 25°C; ■ pH 7 a 25°C; ■ pH 5 a 30°C; ■ pH 7 a 30°C).



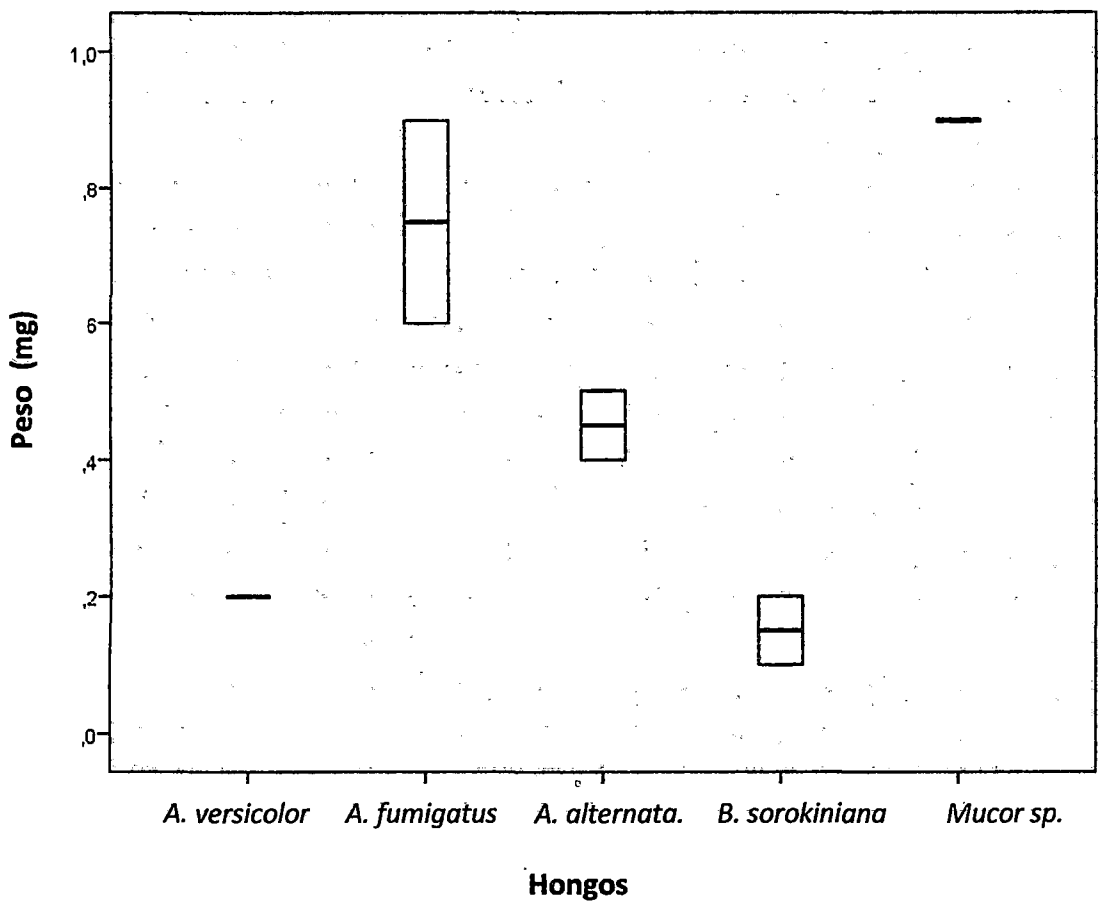
**Figura 10.** Porcentaje de pérdida de peso de LDPE después de dos meses de incubación con hongos filamentosos a distintas condiciones de temperatura y pH (■ pH 5 a 25°C; ■ pH 7 a 25°C; ■ pH 5 a 30°C; ■ pH 7 a 30°C).



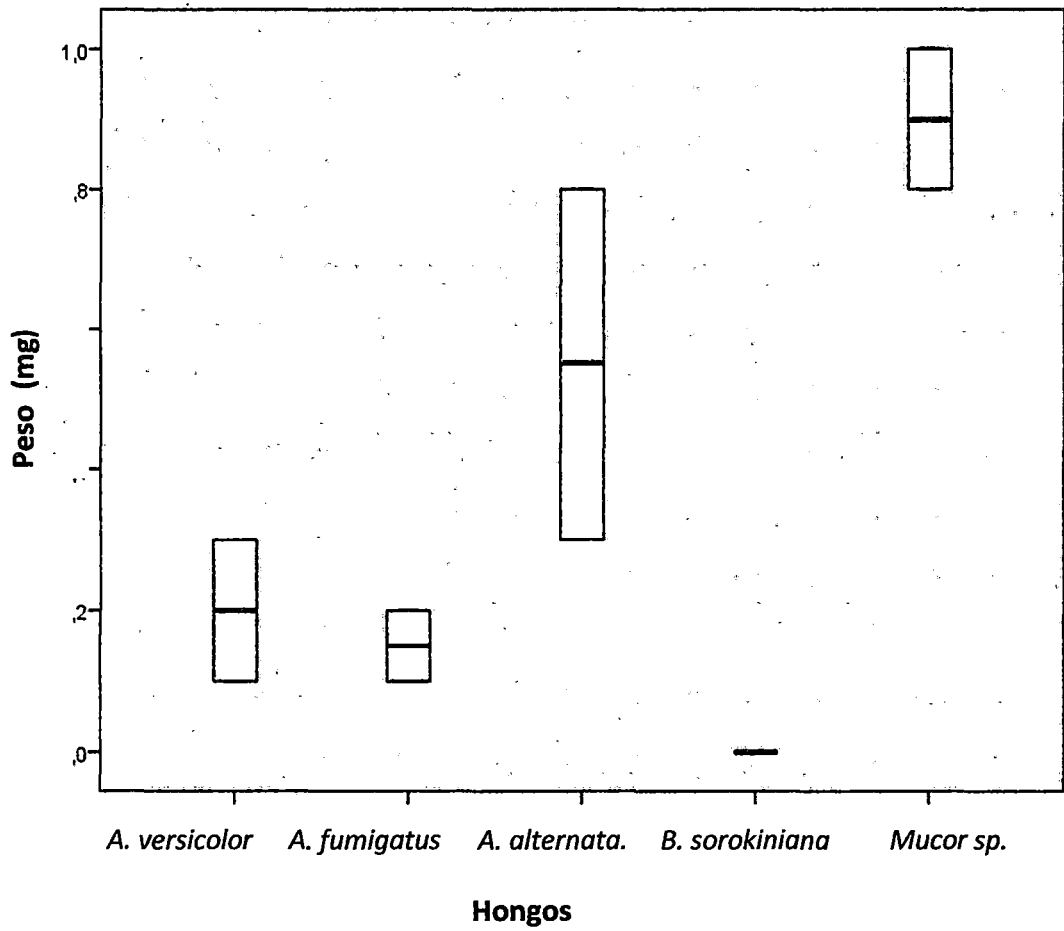
**Figura 11.** Mediana de la pérdida de pesos de PET por degradación de los hongos filamentosos incubados durante dos meses a temperatura de 25°C y pH5.



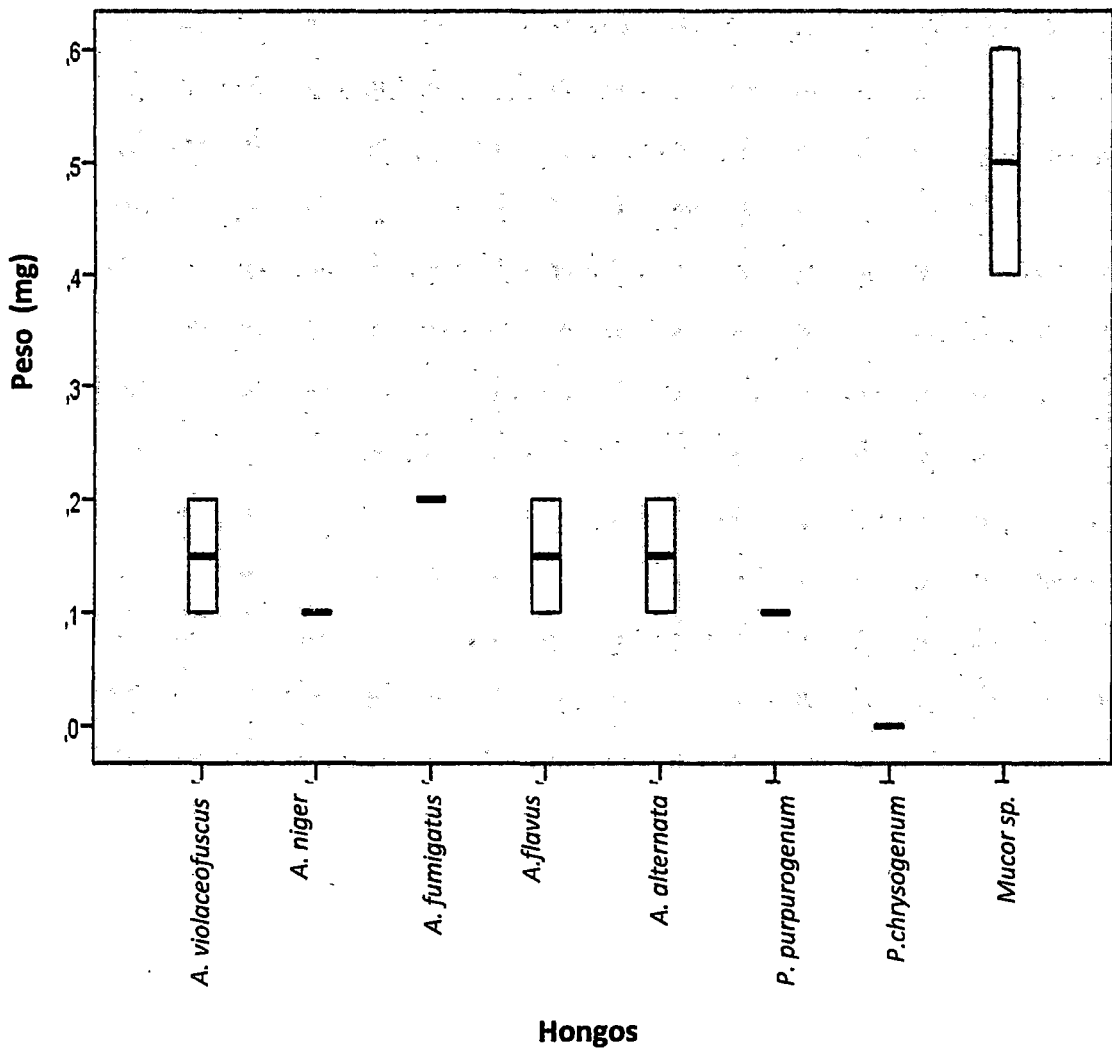
**Figura 12.** Mediana de la pérdida de pesos de PET por degradación de los hongos filamentosos incubados durante dos meses a temperatura de 25°C y pH7.



**Figura 13.** Mediana de la pérdida de pesos de PET por degradación de los hongos filamentosos incubados durante dos meses a temperatura de 30°C y pH5.



**Figura 14.** Mediana de la pérdida de pesos de PET por degradación de los hongos filamentosos incubados durante dos meses a temperatura de 30°C y pH7.



**Figura 15.** Mediana de la pérdida de pesos de LDPE por degradación de los hongos filamentosos incubados durante dos meses a temperatura de 25°C y pH 5.

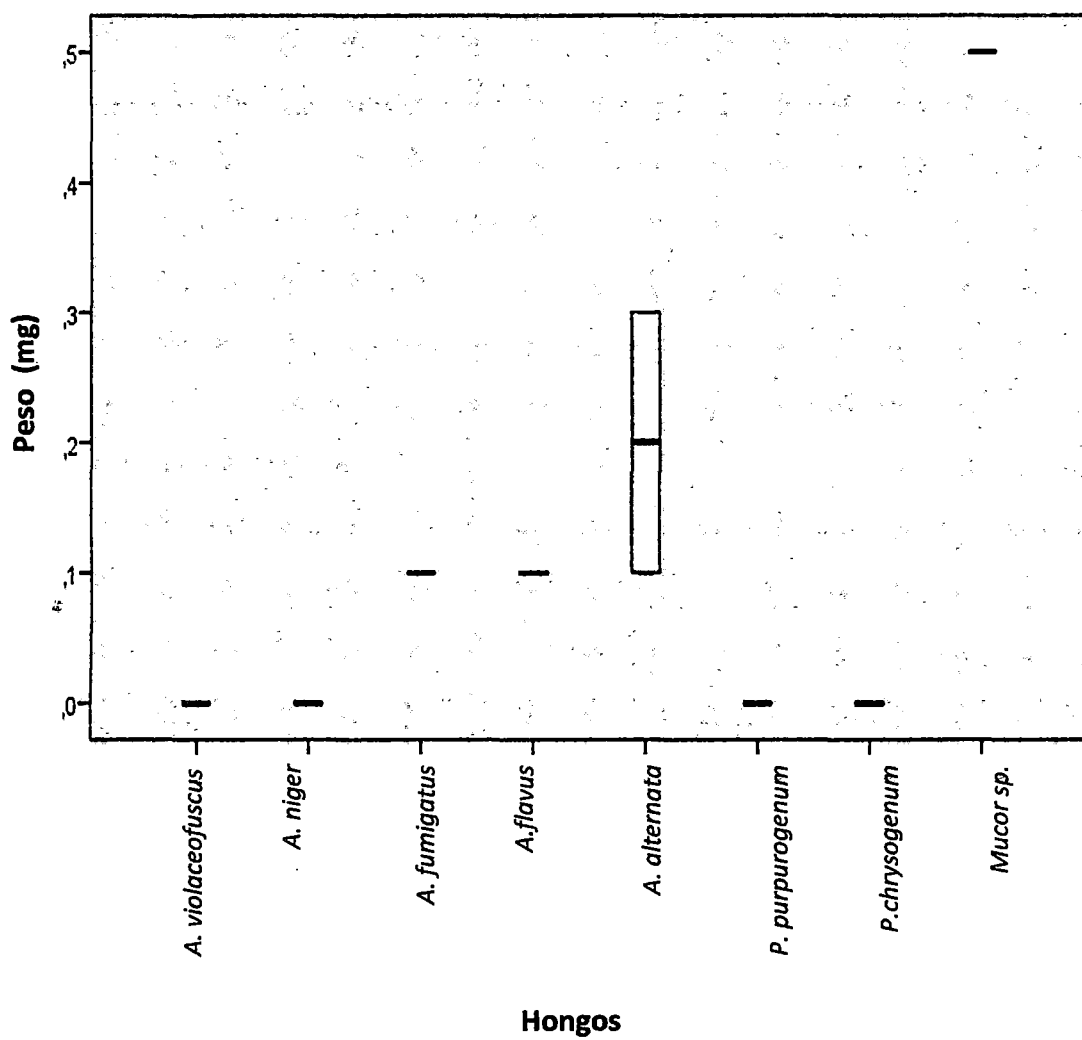
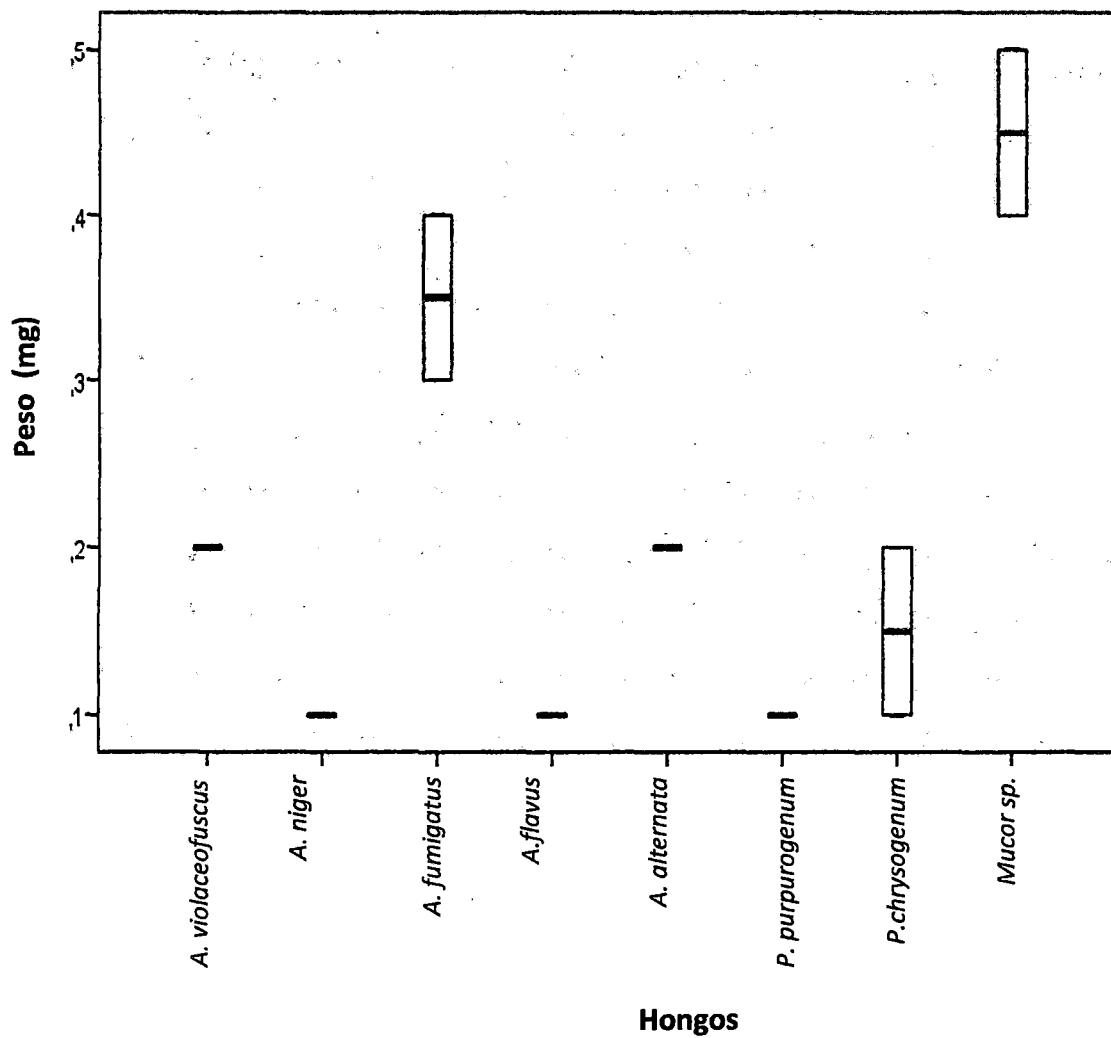
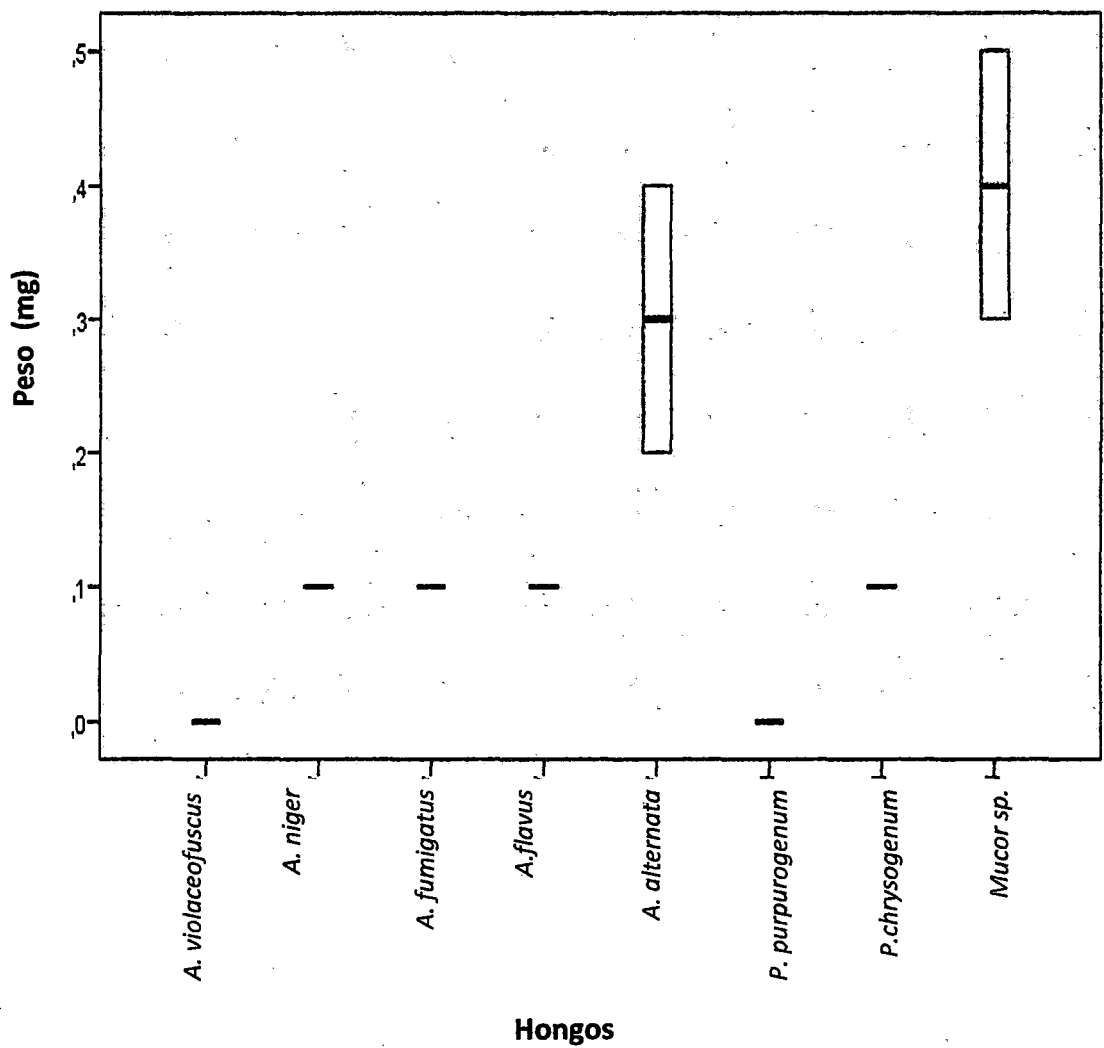


Figura 16. Mediana de la pérdida de pesos de LDPE por degradación de los hongos filamentosos incubados durante dos meses a temperatura de 25°C y pH7.





**Figura 17.** Mediana de la pérdida de pesos de LDPE por degradación de los hongos filamentosos incubados durante dos meses a temperatura de 30°C y pH 5.



**Figura 18.** Mediana de la pérdida de pesos de LDPE por degradación de los hongos filamentosos incubados durante dos meses a temperatura de 30°C y pH 7.

## V. DISCUSIÓN

En la presente investigación se aislaron 8 cepas de hongos filamentosos de polietileno de tereftalato y 11 cepas de polietileno de baja densidad, identificándose según sus características macroscópicas y microscópicas (Tablas 01 y 02), (Figuras 01, 02, 03 y 04) de acuerdo a las claves taxonómicas de Barnett y Hunter (1995) y de Piontelli y Toro (1994); confirmadas por el Instituto Nacional de Salud, Lima. Las cepas aisladas de 30 muestras de PET con signo de deterioro pertenecen a los géneros: *Aspergillus*, *Alternaria*, *Bipolaris*, *Beltrania*, *Cladosporium*, *Mucor* y *Stemphylium* (Tabla 01). Asimismo de 50 muestras de LDPE se aislaron 11 cepas correspondientes a los géneros de *Aspergillus*, *Alternaria*, *Penicillium*, *Mucor*, *Rhizopus* y *Papulaspora* (Tabla 02). Estos resultados son similares a los obtenidos por Méndez y col. (2007); quienes aislaron 20 cepas de muestras de polietileno de los cuales los géneros: *Aspergillus*, *Penicillium*, *Mucor* y *Cladosporium* coinciden con los resultados; Uribe y col. (2010), González y Camarena (2010), aislaron los géneros *Penicillium*; *Rhizopus sp*, respectivamente. La presencia de estas cepas aisladas de PET y LDPE se debe a que son hongos ambientales, que les favorece el incremento de polvo y las concentraciones de esporas fúngicas en el aire, así como su disposición en diferentes sustratos facilitando el desarrollo de hongos porque estos poseen un potente, versátil y adaptable maquinaria metabólica (enzima) capaz de digerir un gran número de sustratos tanto orgánico como inorgánico propiciando el biodeterioro de los diferentes soportes como los plásticos (García y Sánchez, 2011).

La actividad cualitativa de la biodegradación de PET y LDPE se evaluó de acuerdo a los estándares especificados por la ASTM G21- 90, 1993 (Tabla 04). Se pudo observar la degradación del PET y LDPE por hongos filamentosos después de 2 meses de incubación, donde la invasión osciló de 5 -100% observándose que 5 cepas como *Mucor sp*, *A. fumigatus*, *A. alternata*, *A. versicolor* y *B. sorokiniana* tienen la capacidad de colonizar la superficie del PET (Figura 05) y 8 cepas como *Mucor sp*, *A. fumigatus*, *A. alternata*, *A. flavus*, *A. violaceofuscus*, *P. chrysogenum*, *A. niger* y *P. purpurugenum* invaden el LDPE (Figura 07).

La especie que presentó mayor invasión en ambos polímeros fue *Mucor sp*. con un crecimiento superficial de 100% a temperatura 25 - 30°C y pH 5 -7, esto se corroboró por medio de la observación microscópica por la presencia de grietas, porosidad, cambio de brillo en la superficie de los polímeros (Figura 36) (Tablas 05 y 06). Asimismo, las especies que tienen actividad degradadora como *A. fumigatus* presentó el 35% de crecimiento superficial a 30°C y a pH 5; *A. alternata* presentó el 25% de la superficie cubierta a 25 - 30°C y pH 5 -7 tanto en PET y LDPE; *A. versicolor* y *B. sorokiniana* con 5% de crecimiento superficial en ambas temperaturas a pH 5 en PET. *A. violaceofuscus* y *P. chrysogenum* presentaron el 25 y 15% de la superficie cubierta en LDPE a 30°C y pH 5 respectivamente; En *A. flavus* se observó el 20% de la superficie cubierta a 25°C y a pH 5 en LDPE difiriendo con los resultados de Méndez y col. (2007) quienes determinaron que esta cepa tuvo mayor rendimiento a 30°C y pH 6.5 esto probablemente a que en el presente estudio el pH y la temperatura fueron diferentes. *A. niger* y *P. purpurugenum* presentaron el 5% de crecimiento superficial a pH 5 tanto a 25°C y 30°C en LDPE; *R. stolonifer* no presentó crecimiento superficial este resultado difiere con Gonzalez y col. (2010), quienes sustentan que *Rhizopus sp* degradó el

LDPE esto se debe a que se trataría de otra especie del género *Rhizopus*, asimismo cada cepa es diferente genéticamente y fenotípicamente, en cuanto a su morfología como a producción de enzimas, patogenicidad o resistencia a fungicidas (Lorbeer, 1980). La invasión de estas cepas se debe a que estos son colonizadores activos de los polímeros capaces de adherirse a su sustrato 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 tal como lo sustentan Whitekettle (1991) y Mielstein y col. (1993).

Respecto al efecto de la temperatura y pH en el proceso de biodegradación de PET se observó que fueron similares los resultados obtenidos tanto a 25 y 30°C y a pH 5-7 a excepción de *A. fumigatus* que tuvo una ligera variación a 30°C y pH 5 (Figura 05) estos resultados difieren con Clutario y Cuevas (2001), quienes reportaron mayor rendimiento a 25 - 28°C y a pH 5; así mismo son diferentes a los resultados reportados por Méndez y col. (2007) quienes obtuvieron mayor degradación a 30°C y a pH 6.5. Mientras que en el LDPE fue mayor la actividad degradadora cuando se empleó la temperatura 30°C y pH 5 (Figura 07) a diferencia de las especies *Mucor sp.* y *A. alternata* que presentaron mejor degradación a 25 - 30°C y pH 5-7; esto probablemente se debe a que la temperatura y el pH fueron óptimos para la segregación y aumento de la velocidad de las reacciones de la enzima (González y col. 2010). Los resultados en el presente estudio coinciden con los reportados por Mendez y col. (2007), Volke (1997), Limón (2001), González y col. (2010) quienes sustentan que hubo un mayor rendimiento a 30°C; sin embargo, Uribe y col. (2010) obtuvieron una mayor actividad degradadora a 20°C y a pH 5 difiriendo 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 (Volke, 1997).

En cuanto al porcentaje de peso perdido de PET y LDPE sometido a cepas de hongos filamentosos, se determinó que la especie *Mucor* sp mostró el mejor resultado perdiendo el PET 1.3% de peso y 20% en LDPE a 25°C y pH 5 – 7 (Figuras 09 y 10), con respecto al control N° 02 en el cual no hubo una disminución. De acuerdo a los resultados obtenidos se pudo observar que hubo una mayor pérdida de peso en el LDPE probablemente se debe a que este plástico es de material suave, transparente, flexible y tiene un elevado peso molecular (Dominguez, 2009); además tienen una estructura desordenada con grandes ramificaciones que pueden tener hasta cien átomos de carbono y pueden romperse los enlaces C-C en la cadena principal lo que produce la ruptura de la cadena polimérica (Volke, 1997); mientras que el PET presenta alta dureza, gran resistencia contra agentes químicos (Reyes, 2009) y no es susceptible al ataque microbiano debido a sus características hidrófobas, tamaño, peso molecular, densidad y la falta de una cadena terminal susceptible al ataque enzimático (David y col. 1994). Asimismo, los resultados de la pérdida de peso del polímero para otras cepas como *A. fumigatus* mostró una disminución de 0.83% a 30°C y pH 5 en PET y 14% a pH 5 a 30°C en LDPE; *A. alternata* de 0.83% a 25°C y pH 7 en PET y 12% a 30°C y pH 7 en LDPE. *B. sorokiniana* de 0.22% a 25°C y pH 5 y *A. versicolor* de 0.22% a 30°C y pH 5-7 en PET (Figura 09). A pesar de haberse mostrado variaciones en PET no se evidenció diferencias significativas entre los géneros de acuerdo a la prueba de Kruskal-Wallis (Figuras 11, 12, 13 y 14) (Tablas 11, 12, 13 y 14). Asimismo la pérdida de peso en LDPE por las cepas: *A. violaceofuscus* y *A. flavus* fue de 6% a 25°C y pH 5; *P. chrysogenum* ocasionó la pérdida de 6% a 30 °C y pH 5; *A. niger*

4% a 25- 30°C y pH 5 y por último *P. purpurogenum* disminuyó 4% a 25- 30 °C y pH 5 (Figura 10). Este último resultado es menor al de Uribe y col. (2010), quienes obtuvieron una disminución de 4,8% del peso total de LDPE a pH 5,5 a 20°C debido a que utilizan un cultivo mixto de *Penicillium sp.* y *Hyalodendrom sp.* a diferencia del presente estudio en el cual se utilizó cultivos puros.

En el análisis estadístico de acuerdo a Kruskall - Wallis la pérdida de peso de LDPE por hongos filamentosos se evidenció que no existen diferencias significativas a pH 5 a 25 y 30°C (Tablas 15 y 17)(Figuras 15 y 17), mientras que a pH 7 y a 25 - 30°C existen diferencias significativas (Tablas 16 y 18)(Figuras 16 y 18) observándose que *Mucor sp* es la mejor especie degradadora de LDPE en comparación de las demás cepas estudiadas, esto se debe a que estas cepas utilizan el plástico como única fuente carbono, asimismo poseen el sistema enzimático necesario para llevar acabo la degradación de hidrocarburos y posiblemente de oligómeros de LDPE como oxigenasas (Volke, 1997) por ejemplo: *M. circinelloides* posee una amplia variedad de catalizadores, alcohol deshidrogenasa (ADH) que posiblemente forman parte de una maquinaria metabólica adaptable para la degradación y utilización de hidrocarburos aromáticos y alifáticos (González y col. 2010), de la misma manera *A. niger* tiene enzimas oxigenasas como monooxigenasa, ADH y alcohol oxidasa ( Volke, 1997).

## VI. CONCLUSIONES

Al finalizar la investigación se llegaron a las siguientes conclusiones:

1. Se aislaron ocho cepas de hongos filamentosos del polietileno de tereftalato, recolectadas del antiguo botadero de residuos sólidos del distrito de Santiago - Ica, las cuales fueron identificadas como: *A. versicolor*, *A. fumigatus*, *A. alternata*, *B. sorokiniana*, *B. rhombica*, *C. cladosporoides*, *Mucor sp.* y *Stemphylium sp.*
2. Se aislaron once cepas de polietileno de baja densidad, identificadas como: *A. violaceofuscus*, *A. fumigatus*, *A. niger*, *A. flavus*, *A. alternata*, *P. purpurogenum*, *P. griseofulvum*, *P. chrysogenum*, *Mucor sp.*, *Rhizopus stolonifer* y *P. brachiata*.
3. Se determinó que *A. versicolor*, *A. fumigatus*, *A. alternata*, *B. sorokiniana* y *Mucor sp.* tienen actividad degradadora en PET a temperatura de 25 - 30°C y pH 5-7.
4. Se determinó que *A. violaceofuscus*, *A. niger*, *A. fumigatus*, *A. flavus*, *A. alternata*, *P. purpurogenum*, *P. chrysogenum* y *Mucor sp.* tienen actividad degradadora del LDPE a temperatura de 25 - 30°C y pH 5-7.
5. De acuerdo al porcentaje de peso perdido el género *Mucor sp.* fue el más eficiente degradando 1,3% del polietileno de tereftalato a pH 5 y a 25°C, mientras que en polietileno de baja densidad degradó un 20% a pH 5-7 y a 25°C.



## **VII. RECOMENDACIONES**

De acuerdo con los resultados obtenidos se puede recomendar para otros estudios de biodegradación lo siguiente:

1. Optimizar el tiempo de incubación (más de 2 meses) en el ensayo de biodegradación de las muestras plásticas para obtener mejores resultados.
2. La utilización de un pre - tratamiento fisicoquímico que favorezca la oxidación y la ruptura de las cadenas poliméricas del LDPE y PET para facilitar la acción de microorganismos en la biodegradación.
3. Determinar las enzimas que participan en la biodegradación de muestras plásticas.
4. Se debe realizar un análisis FTIR por espectroscopia infra-roja, para constatar la existencia de un ataque microbiano y determinar cambios estructurales debido a la degradación.
5. Impulsar más investigaciones sobre hongos que degradan compuestos recalcitrantes como plásticos.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Allsopp, M. y Walters, A.** 2007. Contaminación por plásticos en los océanos del mundo. [En línea] [Fecha de acceso 08 de agosto 2014]. Disponible: <http://www.greenpeace.org/raw/content/espana/reports/contaminacion-por-plasticos-en.pdf>.
2. **American Society for Testing and Materials.**1993. Designation: G21-90. Standar test method for determining resistance of synthetic polymeric materials to fungi. Annual Books of ASTM Standards. U.S.A. 8 (3).
3. **Ángel, D.** 2006. Evaluación de técnicas de conservación para hongos filamentosos y levaduriformes en el cepario de la Pontificia Universidad Javeriana. Tesis para obtener el Título de Microbiología Industrial. Colombia. [En línea] [Fecha de acceso 08 de enero 2014]. Disponible en:<http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis260.pdf>.
4. **Arenas, R.** 2011. Micología Médica Básica. 4a ed. Edit. McGraw-Hill. México. pp. 9-39.
5. **Barnett, H. y Hunter, B.** 1995. Illustrated genera of imperfect fungi. Third Edition. Burgess publishing company. Virginia, U.S.A. pp.66-210
6. **Bonifaz, A.** 2012. Micología Médica Básica. 4a ed. Edit. McGraw - Hill. México. pp.10-33.
7. **Carrillo, A., Puente, E., Castellanos, T. y Bashan, Y.** 1998. Manual de Laboratorio. Aplicaciones Biotecnológicas de Ecología Microbiana. [En línea] [Fecha de acceso 10 de marzo 2014]. Disponible en: <http://www.bashanfoundation.org/gmaweb/pdfs/manualangel.pdf>.

8. **Clutario, M. y Cuevas, V.** 2001. Colonization of Plastics by *Xylaria* sp. *Philippine Journal of Science*.130 (2).
9. **Colombo, J., Cabello, M. y Arambarri, A.** 1996. Biodegradation of aliphatic and aromatic hydrocarbons by natural soil microflora and pure cultures of imperfect and lignolytic fungi. *Environ. Pollut.* 94 (3): 355-362.
10. **David, C., De Kesel, C., Lefebvre, F. y Weiland, M.** 1994. The biodegradation of polymers: recent results. *Die Angewandte Makromolekulare Chemie*. 216: 21-35.
11. **Domínguez, C.** 2009. Estudio del proceso de crecimiento lento de grieta en el polietileno de alta densidad para su aplicación en tubería. Tesis para obtener el Grado de Doctor. Madrid, España. [En línea] [Fecha de acceso 05 de marzo 2014]. Disponible en: <file:///C:/Users/Alonso/Downloads/Tesis%20Doctoral%20C.%20Dom%C3%ADn%20guez.pdf>.
12. **Ecomundo,** 2011. Espacio de comunicación sobre el Medio Ambiente y desarrollo sostenible a nivel Nacional e Internacional. [En línea] [Fecha de acceso 05 de marzo 2014]. Disponible en: <http://www.revistaecomundo.com/>.
13. **García, M. y Sánchez, R.** 2012. Estudio de la concentración fúngica aérea de los depósitos del archivo Municipal de cárdenas, Cuba. *Revista de la sociedad venezolana de microbiología*. 32:37-43.
14. **González, G., Torres, J., Gutiérrez, J. y Zazueta, R.** 2010. Alcohol deshidrogenasas fúngicas: papel fisiológico y potencial biotecnológico. Departamento de Biología. División de Ciencias Naturales y Exactas. México. [En línea] [Fecha de acceso 20 de setiembre 2014] Disponible en: <file:///C:/Users/ALONSO/Desktop/madelyn/2010%20LAS%20ALCOHOL%20DESHIDROGENASAS%20EN%20LA%20DEGRADACION%20DE%20HIDROCARBUROS.pdf>.

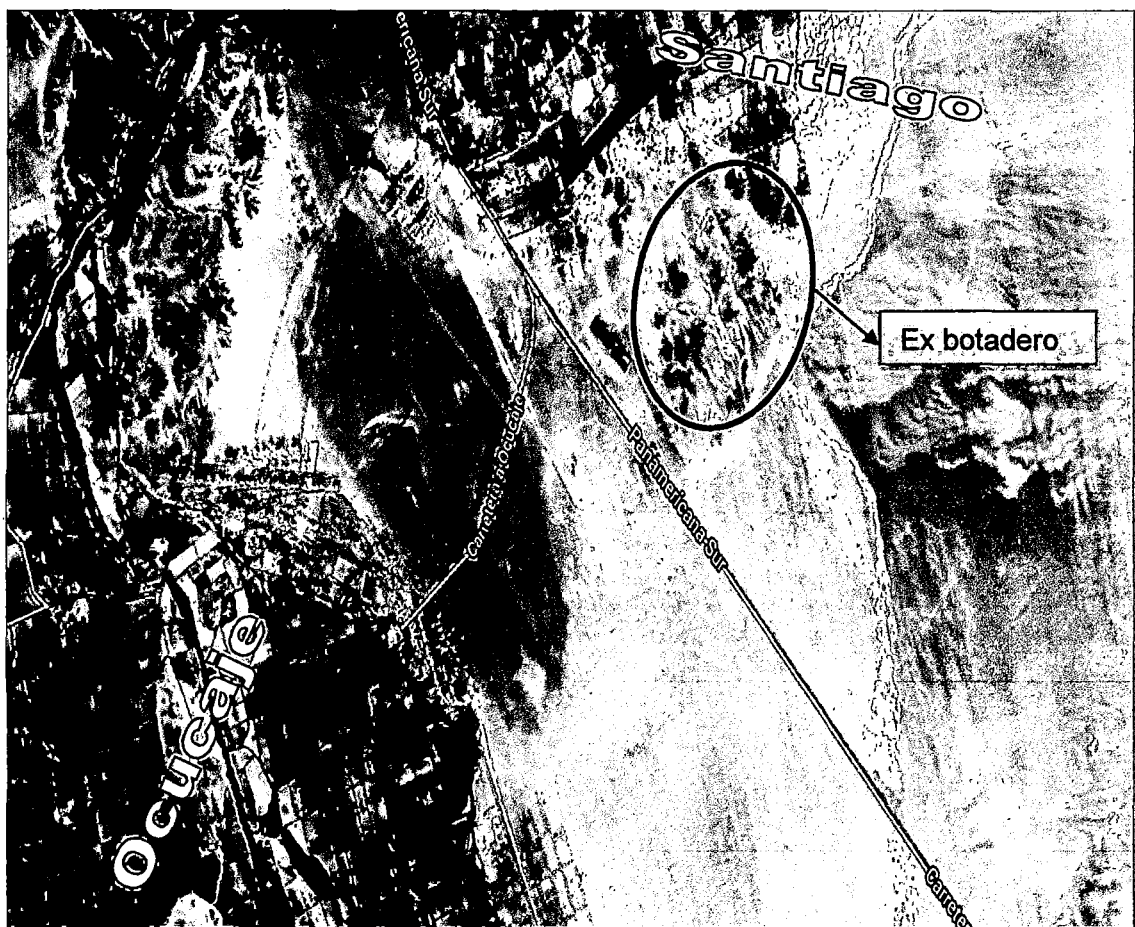
15. **Gonzalez, M. y Camarena, G.** 2010. Degradación de plástico por *Rhizopus sp.*  
[En línea] [ fecha de acceso 10 de octubre 2013] Disponible en:  
<http://es.scribd.com/doc/63595936/Biodegradacion-dePlastico-Por-Rhyzopus>  
Sp.
16. **Johnson, K., Pometto III, A. y Nikolov, Z.** 1993. Degradation of degradable starch-polyethylene plastics in compost Environment. *Appl. Environ. Microbiol.* 59: 1155-1161.
17. **Kavelman, R. y Kendrick, B.** 1978. Degradation of a plastic Polyepsilonecaprolactone by hiphomycetes. *Micologia.* 70: 867-103.
18. **Lee, B., Pometto III, A., Fratzke, A. and Bailey J.** 1991. Biodegradation of degradable plastic Polyethylene by Phanaerochaete and Streptomyces Species. *Appl. Environ. Microbiol.* 57: 678-685.
19. **Limón, M.** 2001. Biodegradación de polietileno de baja densidad por Hongos Filamentosos. Tesis para obtener el Grado de Maestría en Biotecnología. D.F, México. [En línea] [Fecha de acceso 13 de octubre 2013] Disponible en:  
<http://tesiuami.izt.uam.mx/uam/asp/am/presentatesis.php?recno=4248&docs=UAM4248.PDF>.
20. **Lorbeer, J.** 1980. Variation in *Botrytis* and botryotinia. *The Biology of Botrytis.* Ed.: Coley-Smith J., Verhoeff K. and Jarvis, W. Academic Press. London. pp. 19-40.
21. **Llop, A., Valdés, M. y Zuazo, J.** 2001. *Microbiología y Parasitología Médicas.* Edit. Ciencias Médicas, Cuba. pp. 25-40.

22. **Manzur, A., Cuamatzi, F. y Favela, E.** 1997. Effect of the growth of *Phanerochaete chrysosporium* in a blend of low density polyethylene and sugar cane bagasse. *Journal of Applied Polymer Science*, 66: 105-111.
23. **Méndez, C., Vergaray, G., Béjar, V. y Cárdenas, K.** 2007. Aislamiento y caracterización de micromicetos biodegradadores de polietileno. *Avances de las Ciencias Biológicas en el Perú. Facultad de Ciencias Biológicas UNMSM. Rev. Perú. Biol. Número especial 13 (3): 203-205.*
24. **Milstein, O., Gersonde, R., Hutterman, A., Chem, M. y Meister, J.** 1992. Fungal Biodegradation of lignopolystyrene Graft Copolymers. *Appl. Environ. Microbiol.* 58: 3225- 3232.
25. **Piontelli, E. y Toro, A.** 1994. Manual de identificación para microhongos comunes en alimentos. Edit. Valparaíso, Chile. pp.31-147.
26. **Reyes, J.** 2009. Estudio de factibilidad para la instalación de una planta recicladora de envases de Pet. D.F, México. [En línea] [Fecha de acceso 14 de mayo de 2014]. Disponible en: <http://tesis.ipn.mx/dspace/bitstream/123456789/4504/1/12.1119.pdf>.
27. **Tokiwa, J.** 2009. Biodegradability of Plastics. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology. Japón. pp. 367-377.
28. **Uribe, D., Giraldo, D., Gutierrez, S. y Merino, F.** 2010. Biodegradación de polietileno de baja densidad por acción de un consorcio microbiano aislado de un relleno sanitario, Lima- Perú. Facultad de Ciencias Biológicas UNMSM. *Rev. Peru. Biol.* 17(1):133-136.
29. **Volke, T.** 1997. Efecto de tratamientos fisicoquímicos y cometabolismo en la degradación de polietileno de baja densidad por hongos filamentosos. Tesis para obtener el Grado de Doctora en Ciencias Biológicas. México. [En línea]

[Fecha de acceso 14 de setiembre 2013] Disponible en:  
<http://148.206.53.84/tesiuami/UAM6412.pdf>.

30. **Weiland, M., Dato, A y David, C.** 1995. Biodegradation of thermally oxidized polyethylene. *Polymer Degradation and Stability*. 4(8): 275-289.
31. **Whitekettle, K.** 1991. Effect of surface-active chemicals on microbial adhesion. *Journal of Indian Microbiology*. 7: 105-116.

## IX. ANEXOS

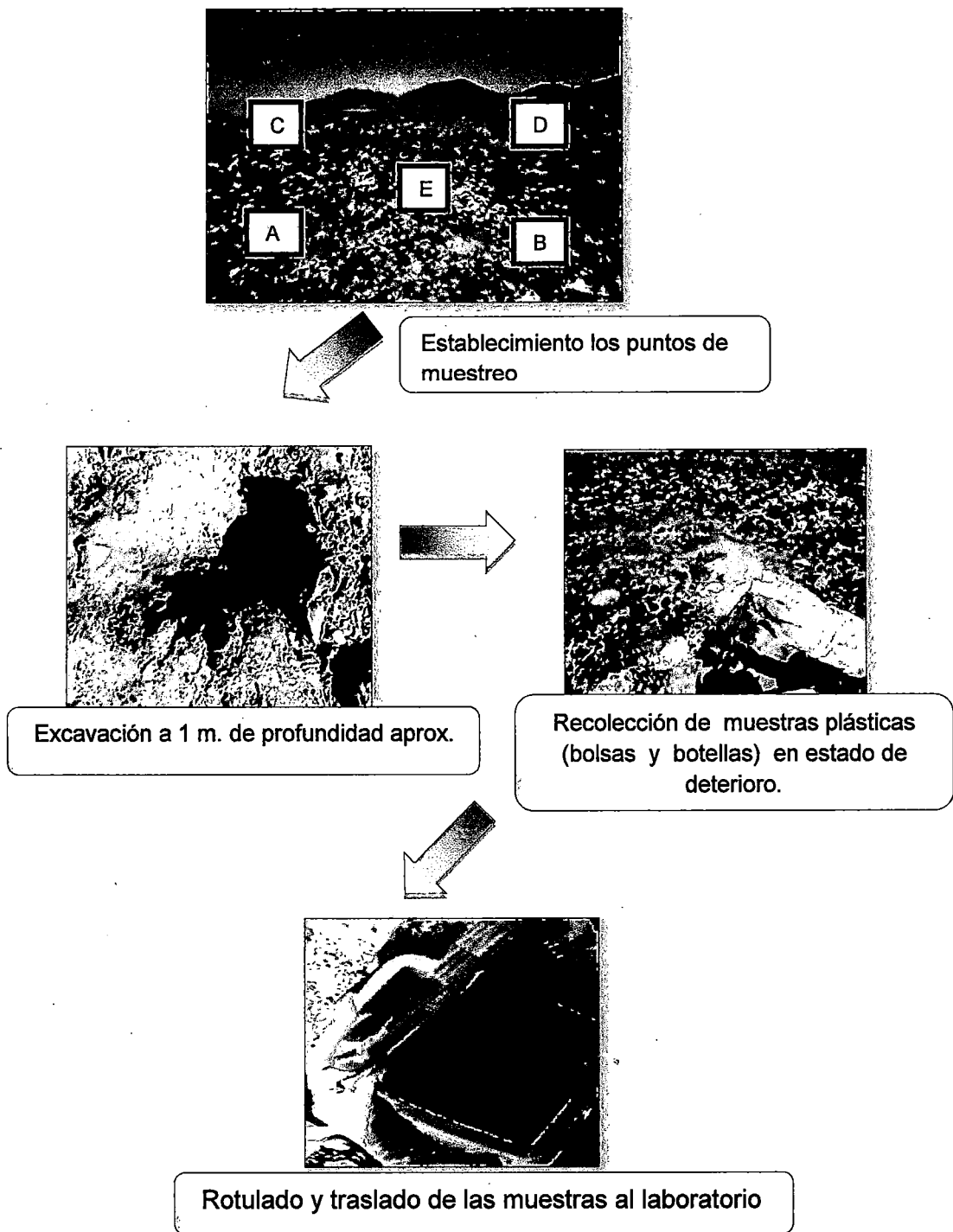


**Figura 19.** Imagen satelital de la procedencia de las cepas de hongos filamentosos aisladas de muestras plásticas (PET y LDPE) del ex botadero ubicado en la comunidad campesina Arrieros Anan Santa Ana y Luren ,distrito de Santiago – Ica.

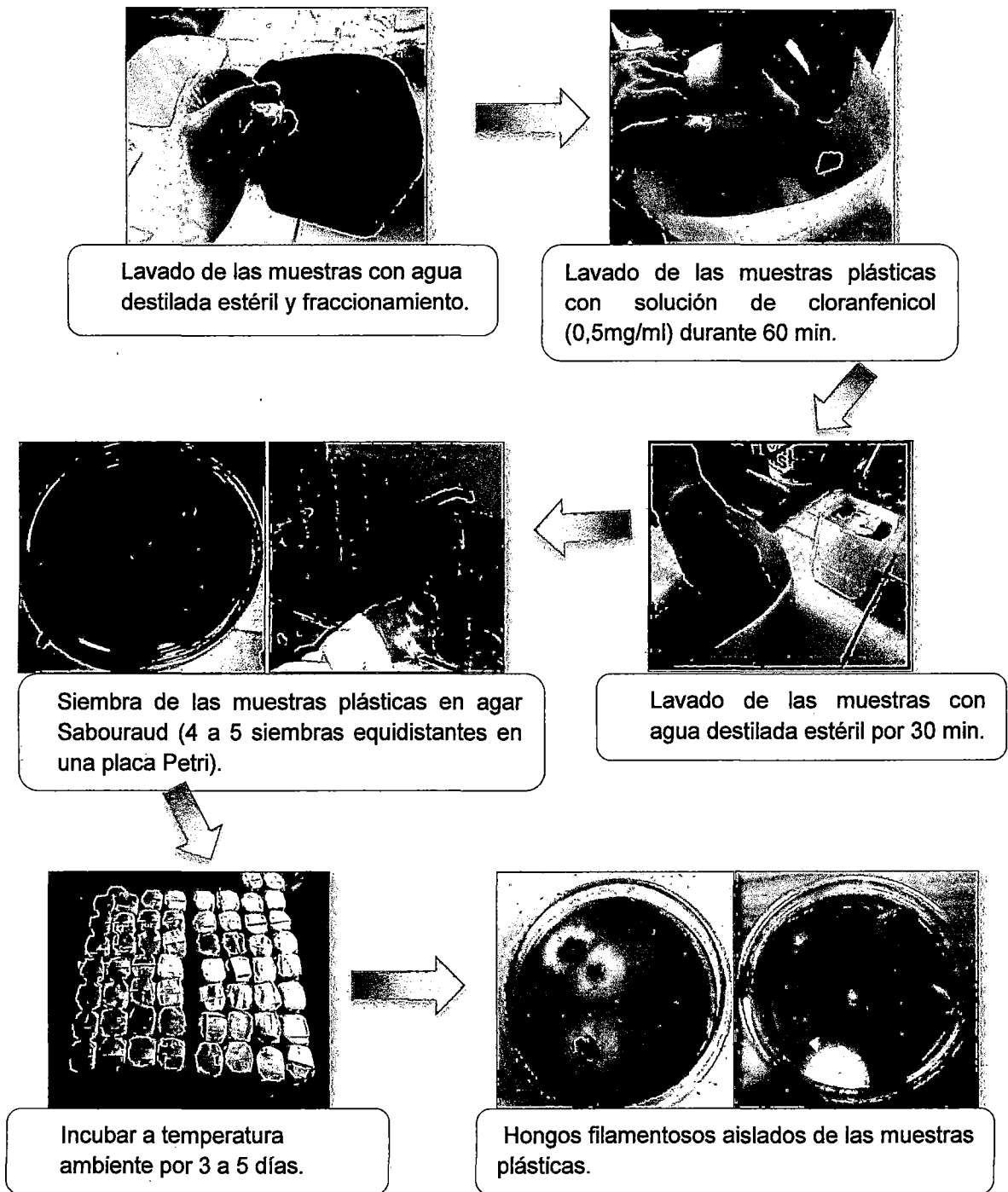
**Tabla 03.** Parámetro de temperatura del suelo colectadas las muestras plásticas de polietileno de tereftalato y polietileno de baja densidad del distrito de Santiago.

LUGAR DE MUESTREO	T°	
	Diciembre	Enero
Comunidad campesina Arrieros Anan Santa Ana y Luren – Ica	32	34

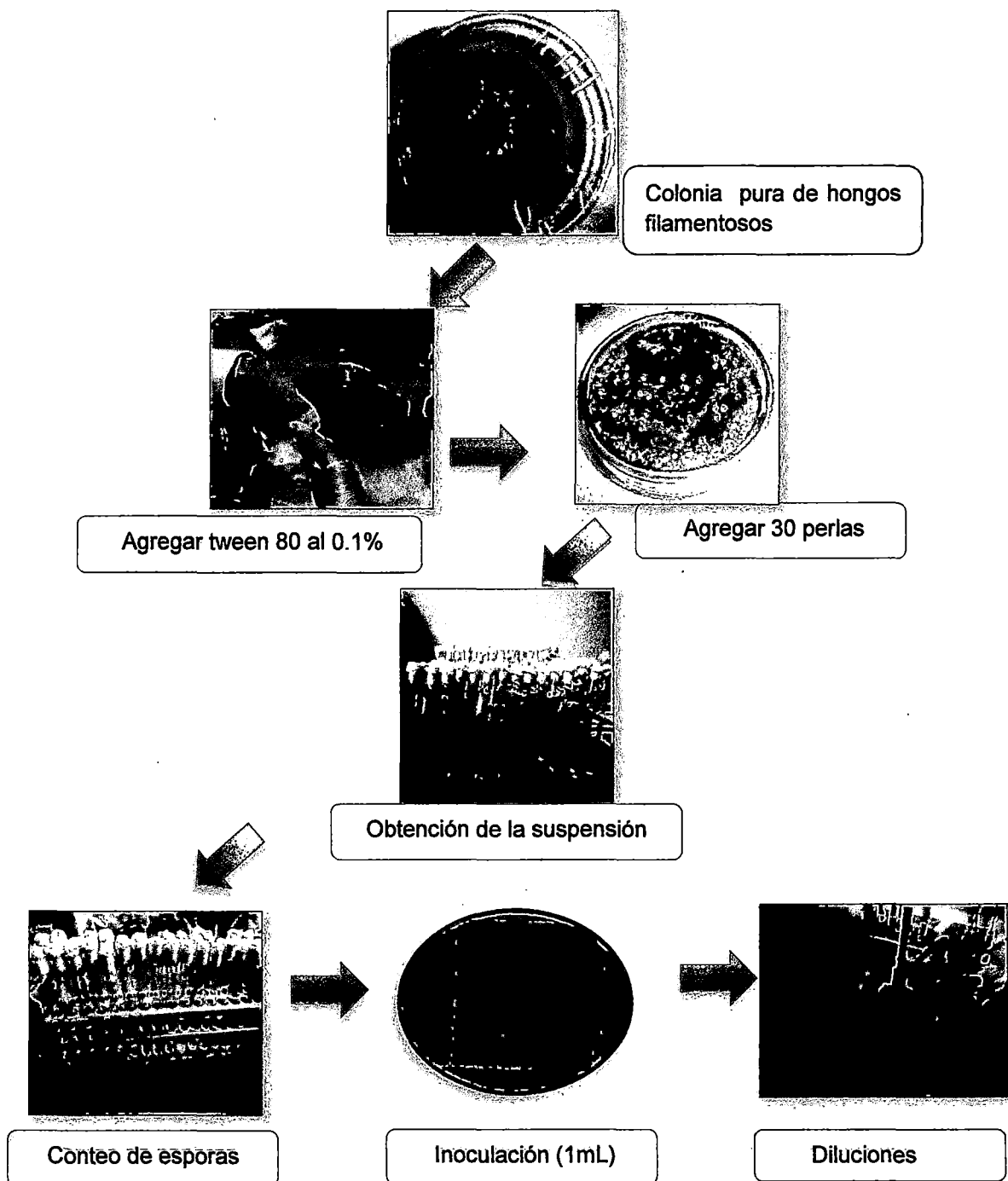




**Figura 20.** Diagrama de flujo de la obtención de las muestras de plásticas del ex botadero ubicado en la comunidad campesina Arrieros Anan Santa Ana y Luren – Ica, distrito de Santiago.



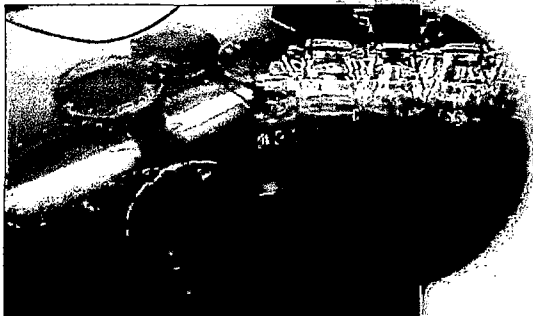
**Figura 21.** Diagrama de flujo del aislamiento de cepas de hongos filamentosos degradadores de PET y LDPE de muestras plásticas de un ex botadero de residuos sólidos.



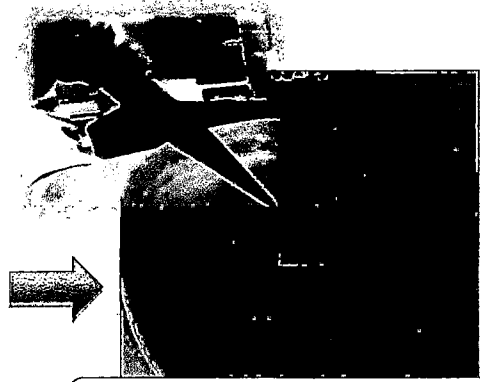
**Figura 22.** Diagrama de flujo de la preparación del inóculo para el ensayo de biodegradación



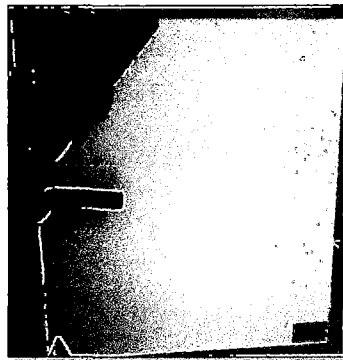
Inocular 1 mL de la suspensión (concentración de  $10^8$  esp/mL).



Agregar el agar Czapeck-dox sin sacarosa a  $45^{\circ}\text{C}$ .

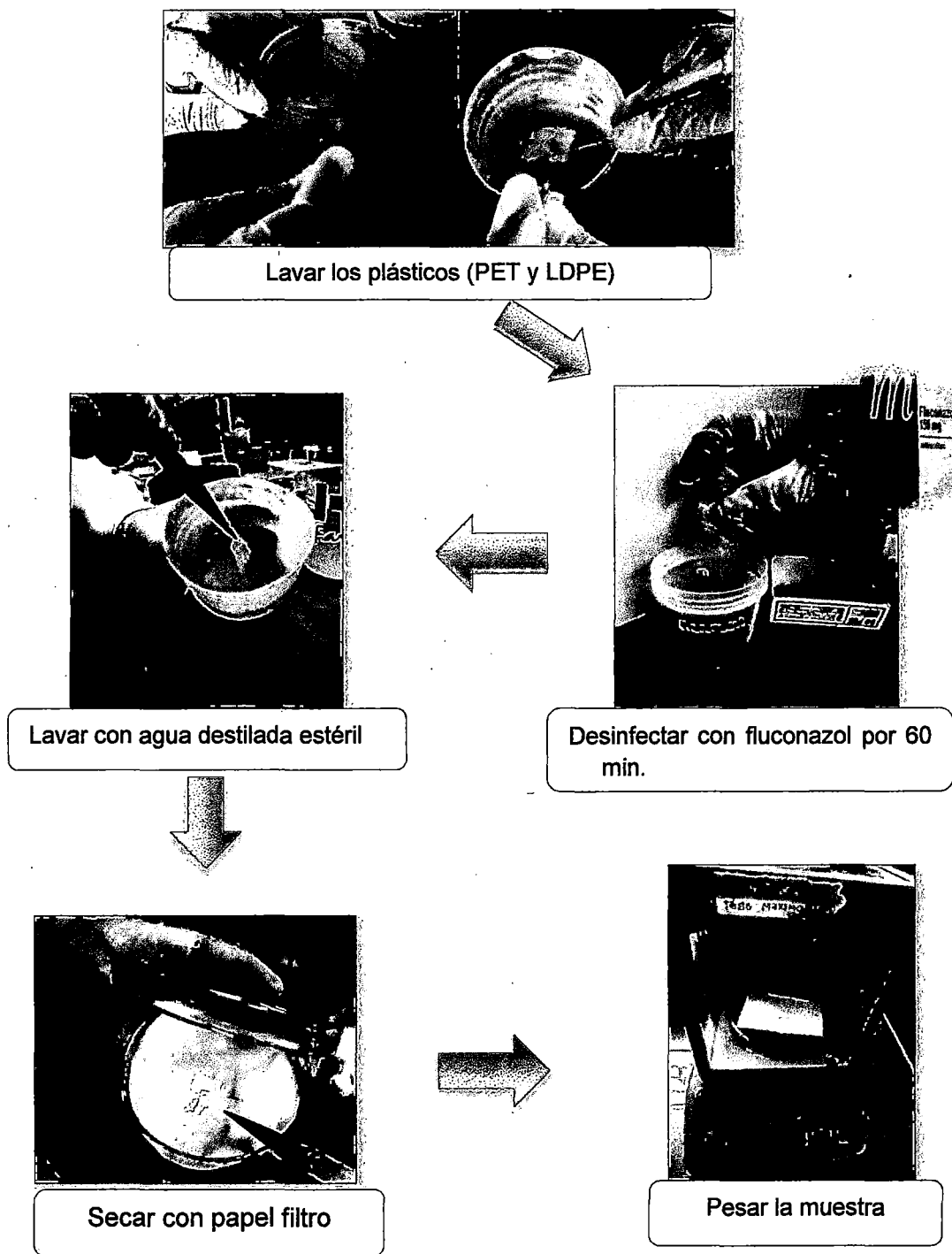


Colocar las muestras plásticas en el centro del agar.

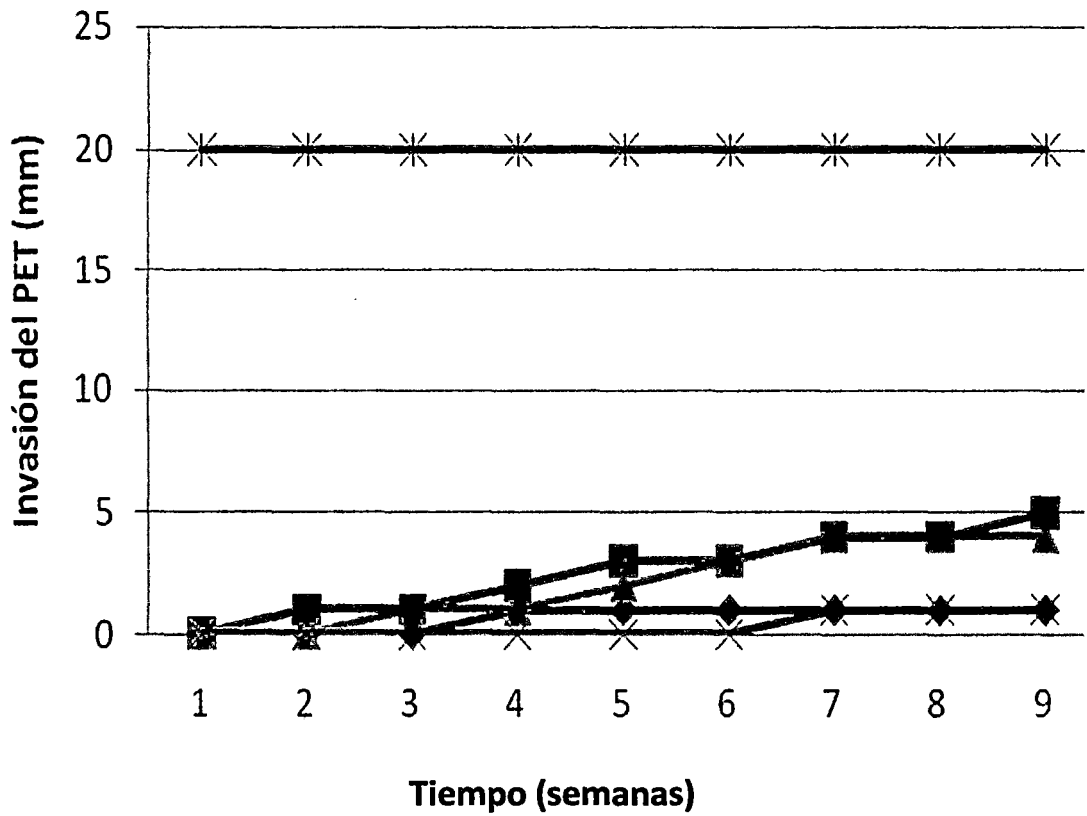


Incubar durante 2 meses a temperatura de  $25$  y  $30^{\circ}\text{C}$ .

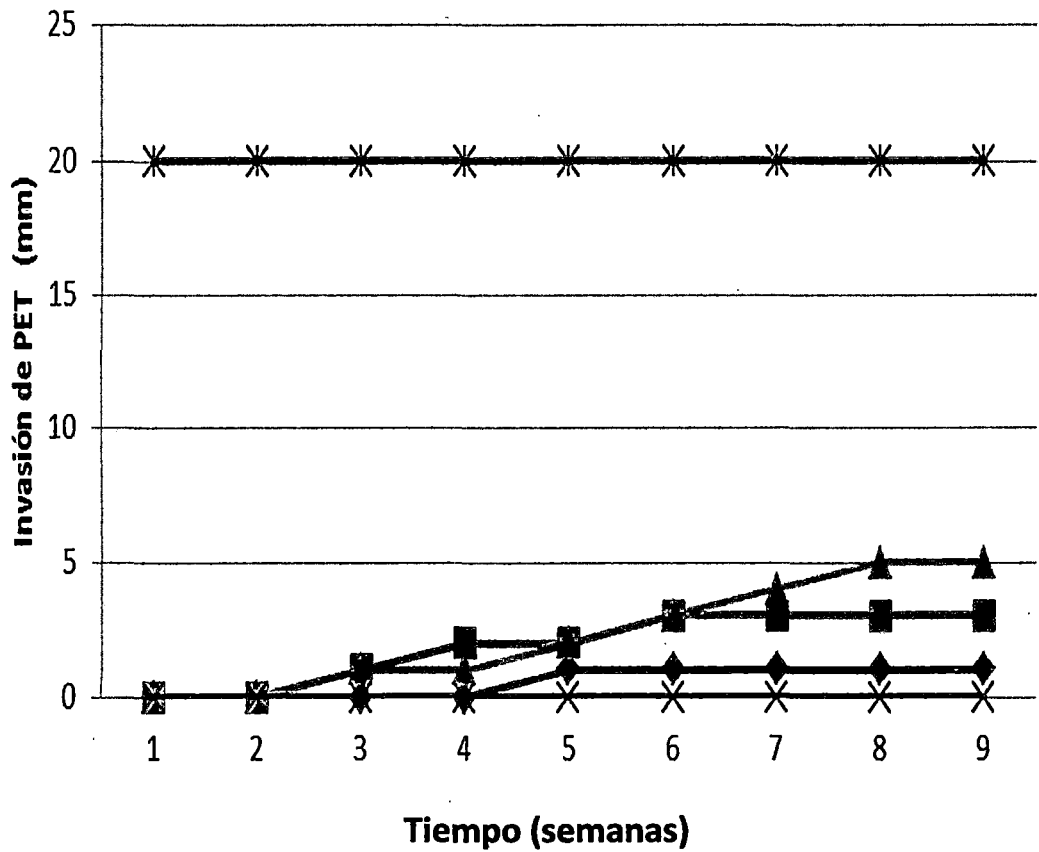
Figura 23. Diagrama de flujo del ensayo de biodegradación.



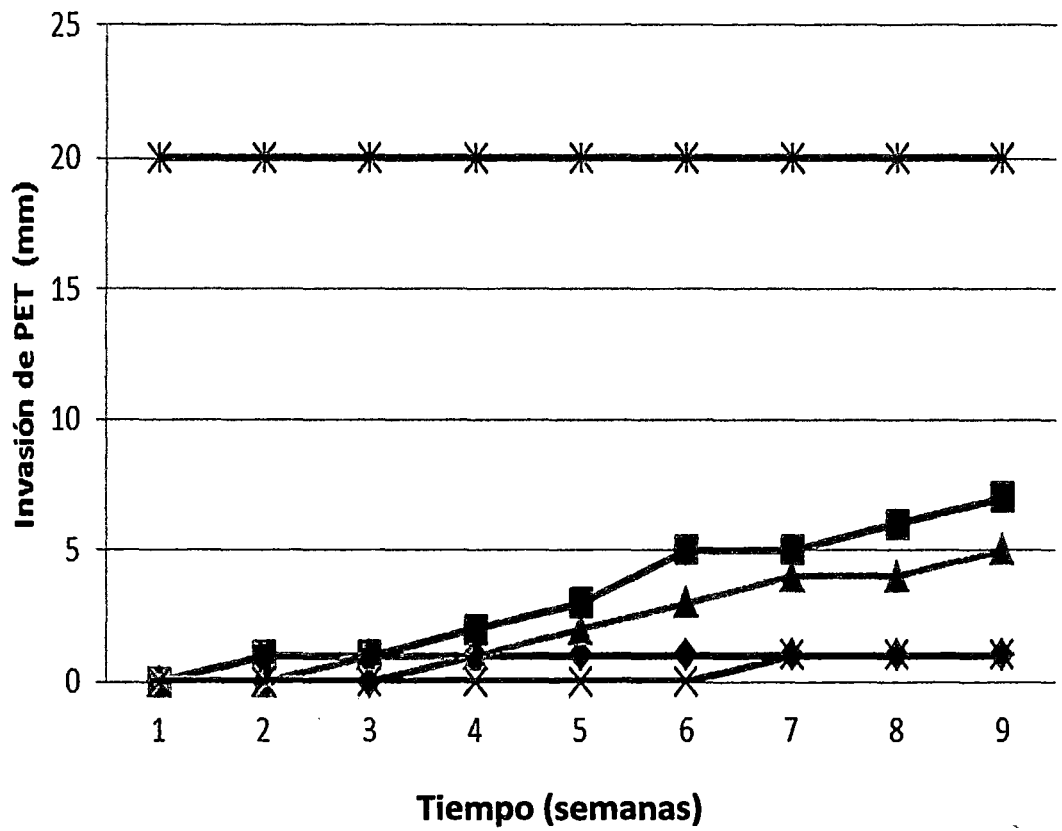
**Figura 24.** Diagrama de flujo de la desinfección de las muestras plásticas para eliminar el biofilm (hongos) para determinar el porcentaje de peso perdido.



**Figura 25.** Invasión de las muestras de polietileno de tereftalato por hongos filamentosos incubados durante dos meses a temperatura de 25°C y pH5. —◆— *A. versicolor*, —■— *A. fumigatus*, —▲— *A. alternata*, —×— *B. sorokiniana* y —\*— *Mucor sp.*

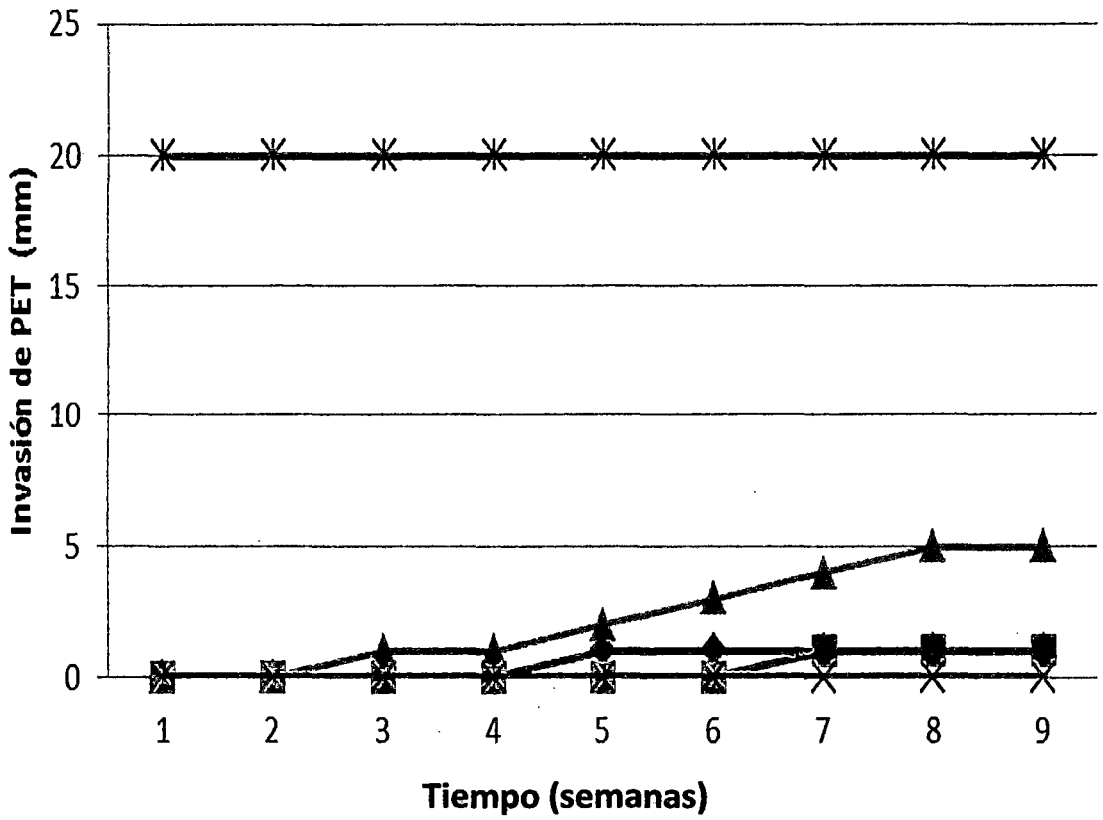


**Figura 26.** Invasión de las muestras de polietileno de tereftalato por hongos filamentosos incubados durante dos meses a temperatura de 25°C y pH7. ◆ *A. versicolor*, ■ *A. fumigatus*, ▲ *A. alternata*, × *B. sorokiniana* y \* *Mucor sp.*

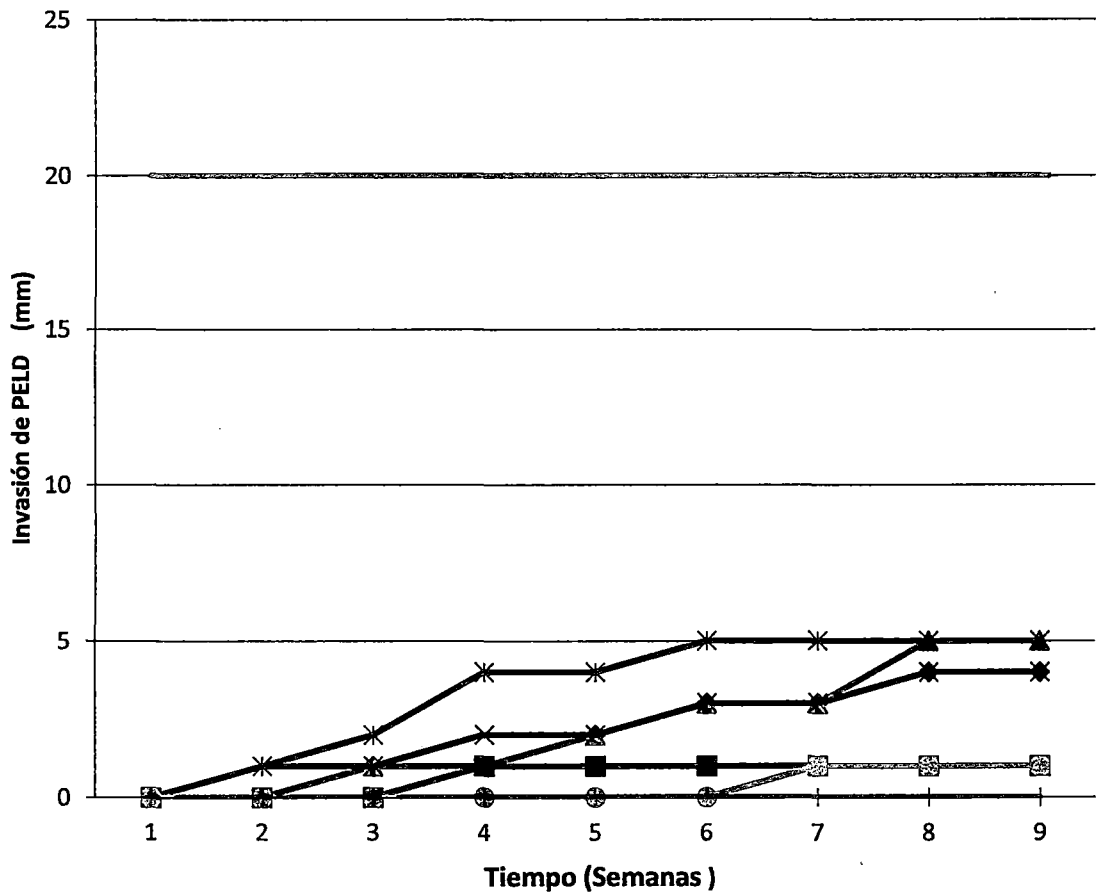


**Figura 27.** Invasión de las muestras de polietileno de tereftalato por hongos filamentosos incubados durante dos meses a temperatura de 30°C y pH5. —◆— *A. versicolor*, —■— *A. fumigatus*, —▲— *A. alternata*, —×— *B. sorokiniana* y —\*— *Mucor sp.*

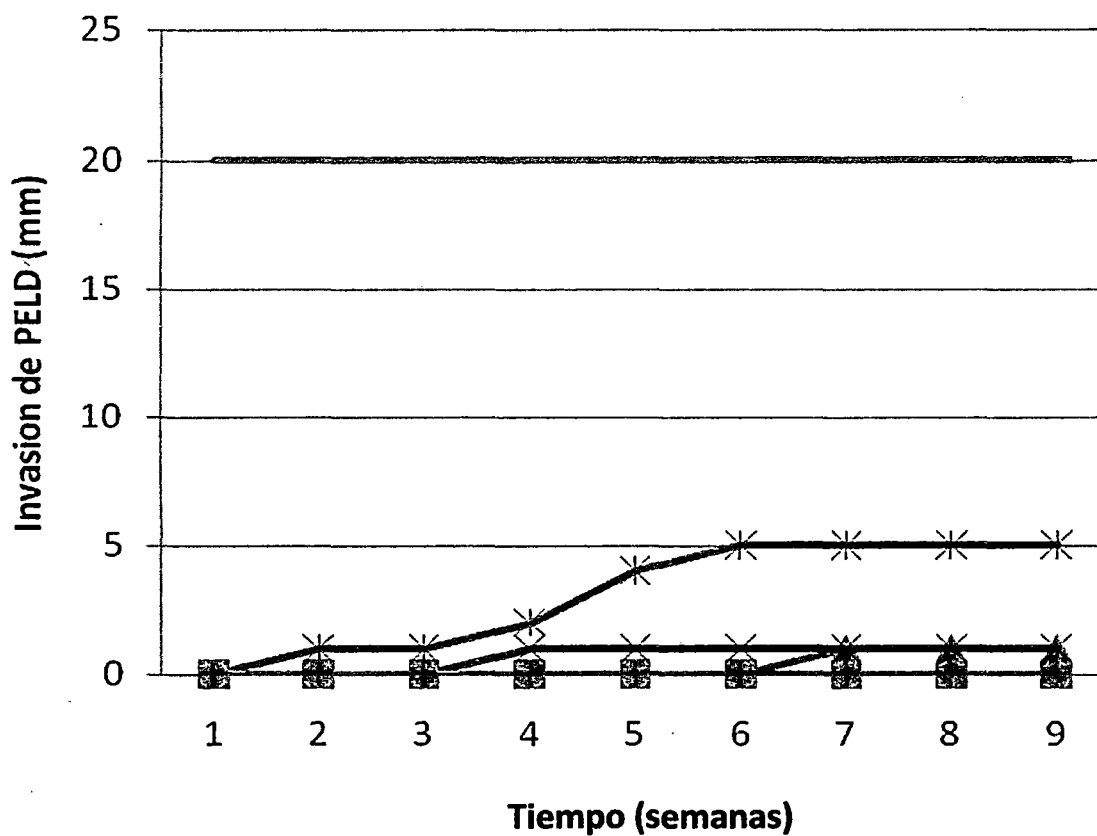




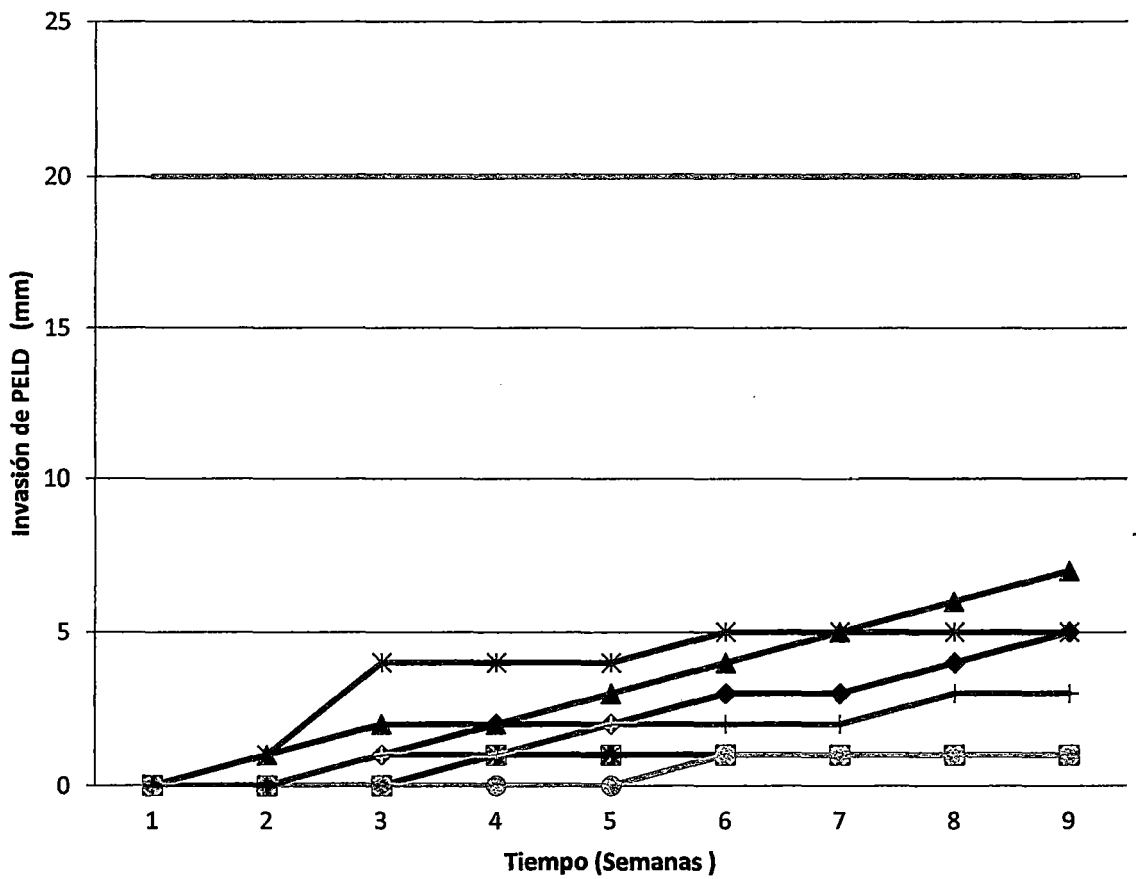
**Figura 28.** Invasión de las muestras de polietileno de tereftalato por hongos filamentosos incubados durante dos meses a temperatura de 30°C y pH7. —◆— *A. versicolor*, —■— *A. fumigatus*, —▲— *A. alternata*, —×— *B. sorokiniana* y —\*— *Mucor sp.*



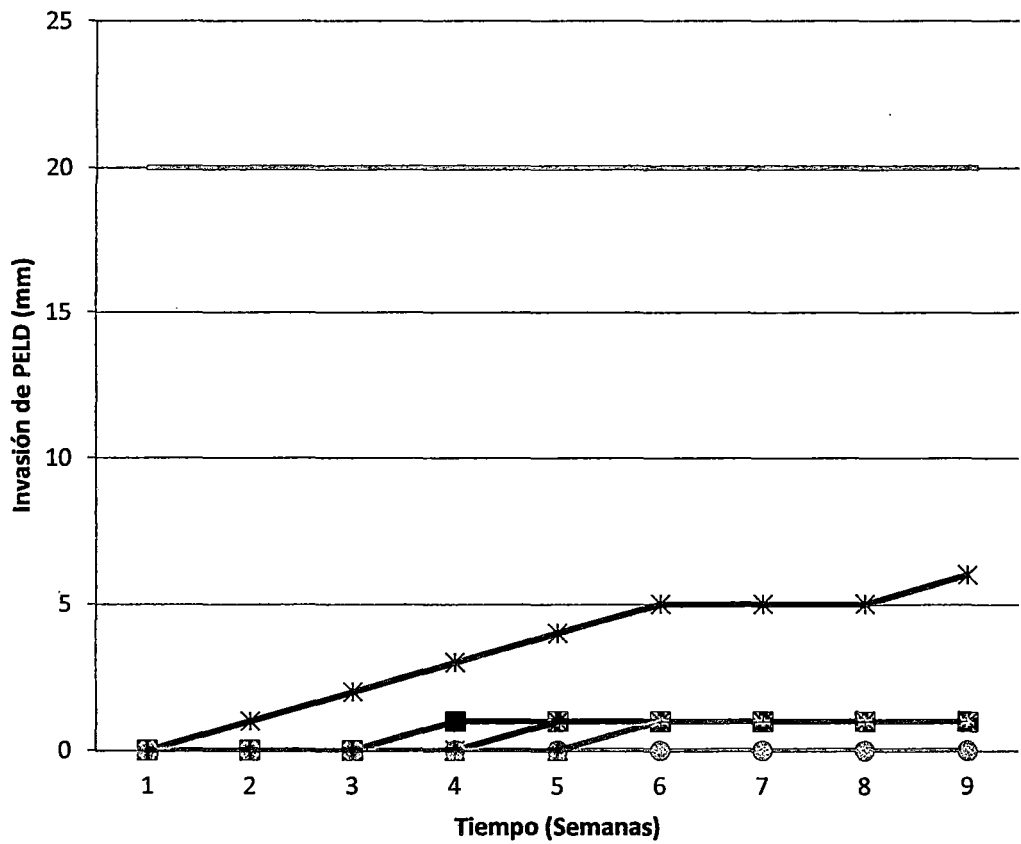
**Figura 29.** Invasión de las muestras de polietileno de baja densidad por hongos filamentosos incubados durante dos meses a temperatura de 25°C y pH5.. ◆ *A. violaceofuscus*, ■ *A. niger*, ▲ *A. fumigatus*, × *A. flavus*, \* *A. alternata*, ⊖ *P. purpurogenum*, + *P. chrysogenum* y — *Mucor sp.*



**Figura 30.** Invasión de las muestras de polietileno de baja densidad por hongos filamentosos incubados durante dos meses a temperatura de 25°C y pH7. ◆ *A. violaceofuscus*, ■ *A. niger*, ▲ *A. fumigatus*, \* *A. flavus*, ✖ *A. alternata*, ○ *P. purpurogenum*, + *P. chrysogenum* y — *Mucor sp.*



**Figura 31.** Invasión de las muestras de polietileno de baja densidad por hongos filamentosos incubados durante dos meses a temperatura de 30°C y pH5. ◆ *A. violaceofuscus*, ■ *A. niger*, ▲ *A. fumigatus*, \* *A. flavus*, ✱ *A. alternata*, ○ *P. purpurogenum*, + *P. chrysogenum* y — *Mucor sp.*

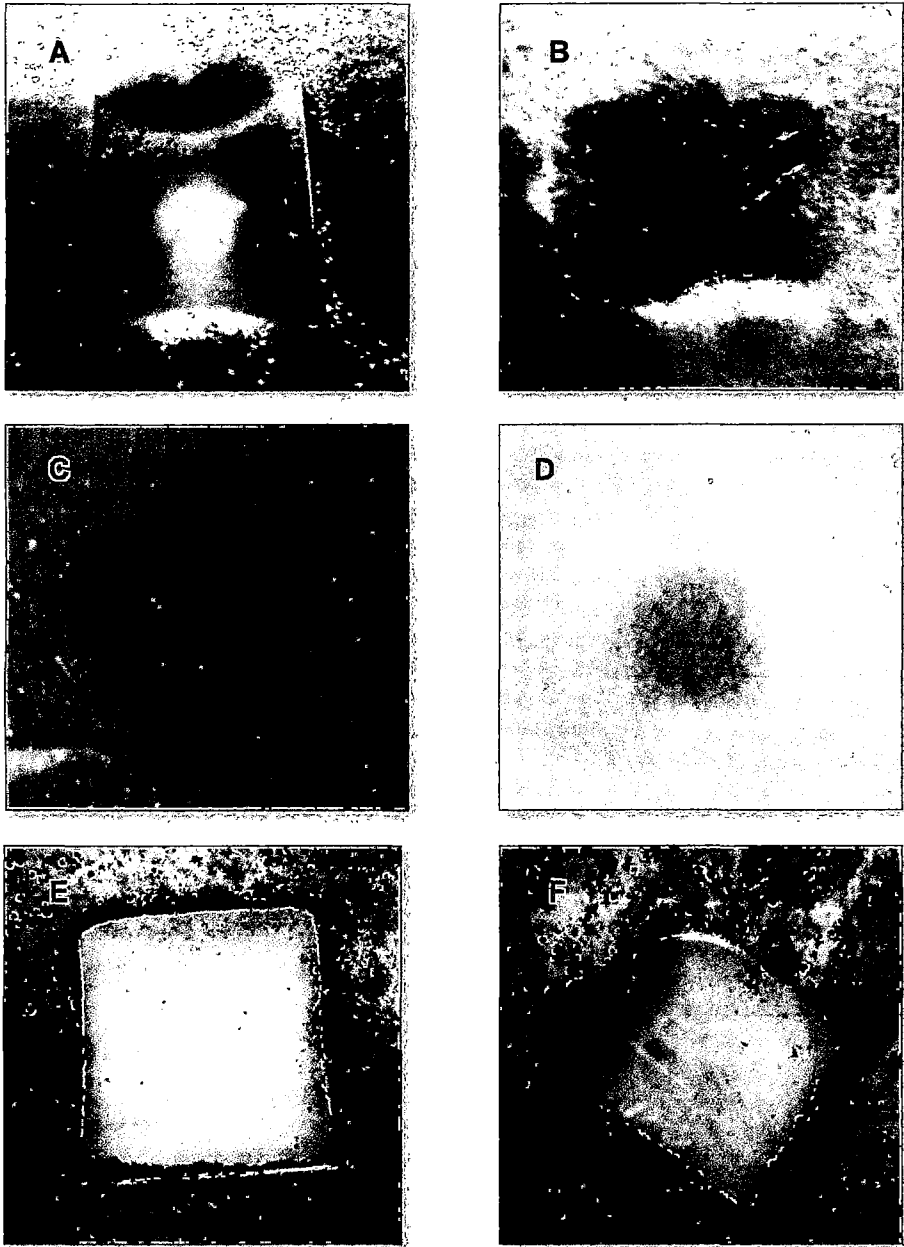


**Figura 32.** Invasión de las muestras de polietileno de baja densidad por hongos filamentosos incubados durante dos meses a temperatura de 30°C y pH7. ◆ *A. violaceofuscus*, ■ *A. niger*, ▲ *A. fumigatus*, ✕ *A. flavus*, ✖ *A. alternata*, ○ *P. purpurogenum*, + *P. chrysogenum* y — *Mucor sp.*

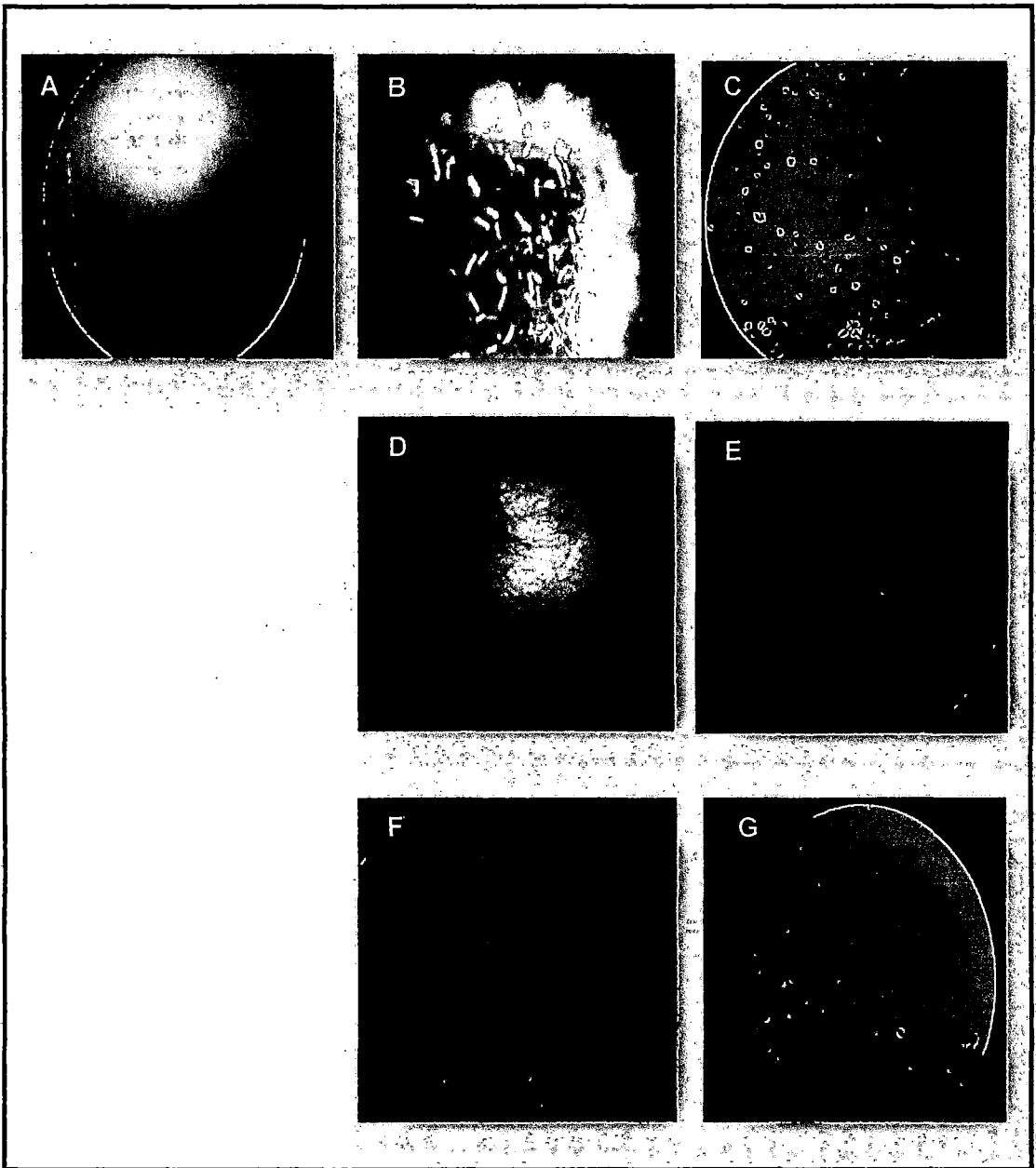
**Tabla 04.** Criterio utilizado para calificar la actividad degradadora de las cepas de hongos filamentosos degradadores de PET y LDPE.

<b>ESCALA</b>	<b>CRECIMIENTO SOBRE EL PLÁSTICO</b>
<b>0</b>	Crecimiento no visible
<b>1</b>	Crecimiento superficial menor a 10 %
<b>2</b>	Crecimiento superficial cubierta de 10 – 30%
<b>3</b>	Crecimiento superficial cubierta de 30 – 60%
<b>4</b>	Crecimiento superficial cubierta de 60 – 100%

La degradación se basó en las pruebas estándares especificadas por la **ASTM G21- 90-1993**

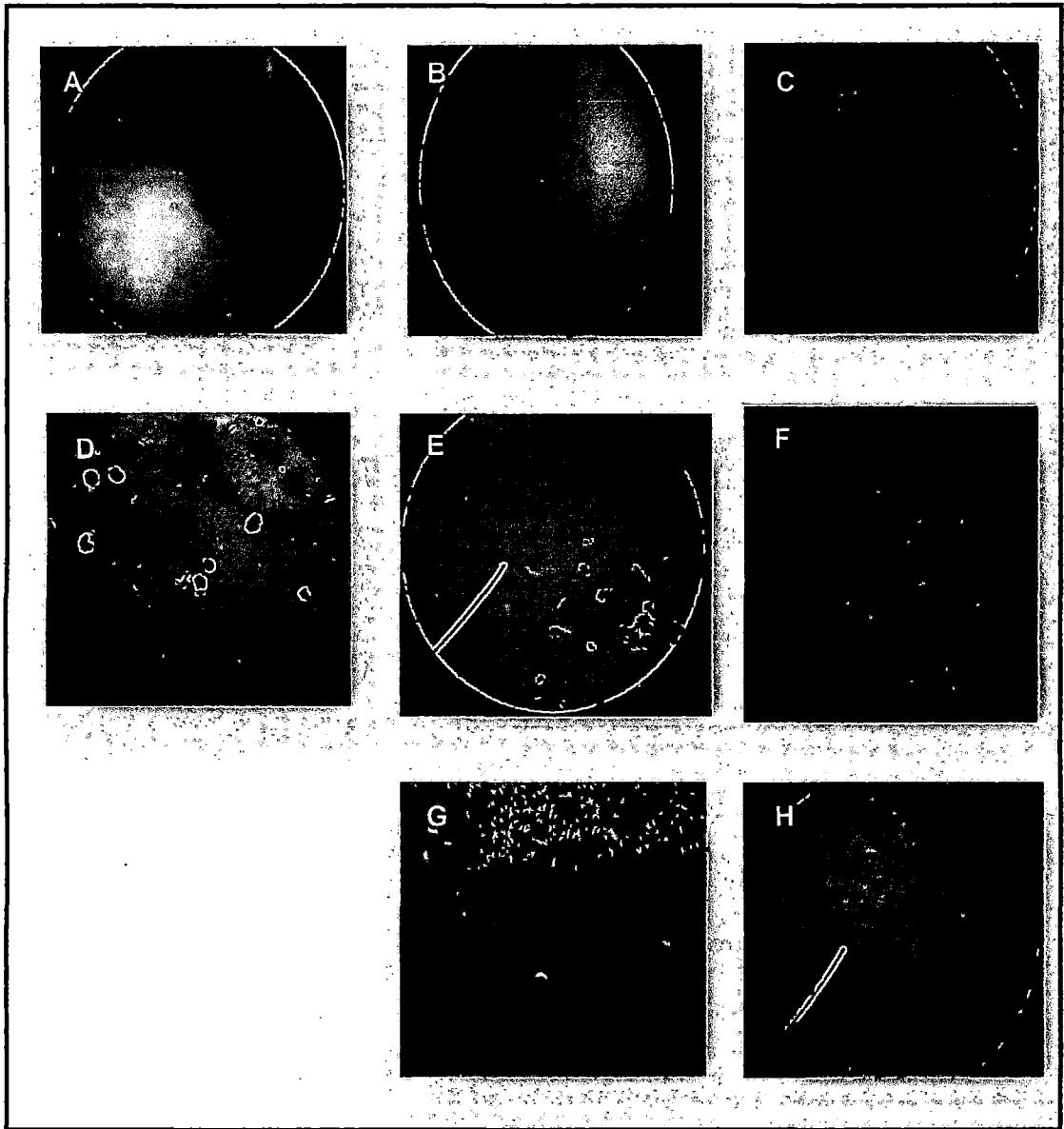


**Figura 33.** Observación macroscópica de la invasión de los hongos filamentosos sobre la superficie de las muestras plásticas. **A:** invasión de PET por *A. alternata*. **B:** invasión de LDPE por *A. alternata*. **C:** invasión de PET por *Mucor sp.* **D:** invasión de LDPE por *Mucor sp.* **E:** invasión de PET por *A. fumigatus*. **F:** invasión de LDPE por *A. fumigatus*.



**Figura 34.** Invasión de hifas de hongos filamentosos sobre la superficie de PET. **A:** CONTROL; **B:** *A. versicolor*; **C:** *A. fumigatus*; **D:** *B. sorokiniana*; **E:** *A. alternata*; **F:** *Mucor sp.*; **G:** *A. flavus*. (4x).





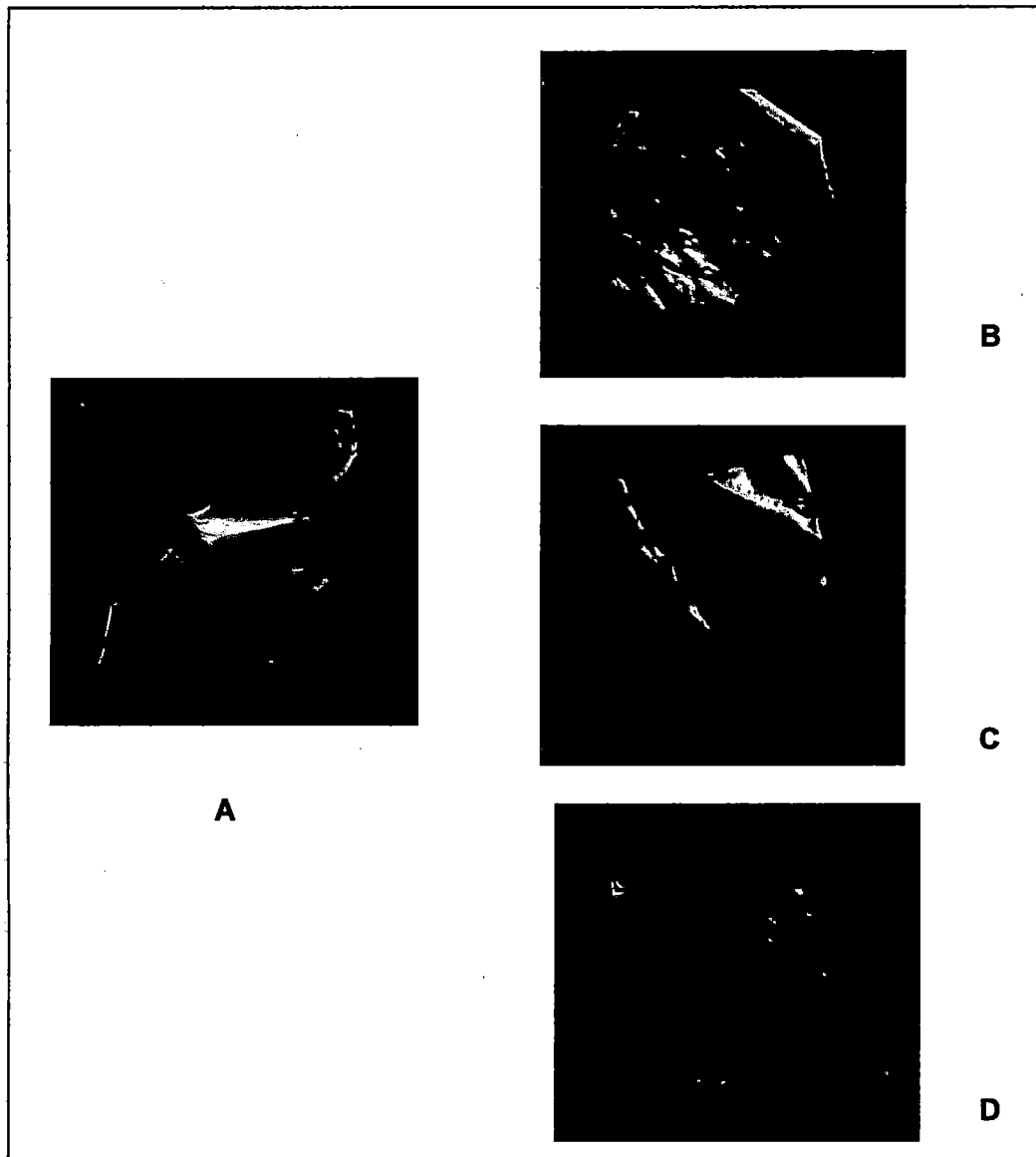
**Figura 35.** Invasión de hifas de hongos filamentosos sobre la superficie de LDPE.  
**A:** CONTROL; **B:** *A.violaceofuscus*; **C:** *A. fumigatus*; **D:** *A. niger*; **E:** *P. chrysogenum*; **F:** *A. alternata*; **G:** *P. purpurigenum*; **H:** *Mucor sp.* (4x).

**Tabla 05.** Observación estereoscópica de los cambios de brillo, fisuras o grietas, porosidad en la superficie del polietileno de tereftalato ocasionada por las cepas fúngicas.

<b>Polietileno de tereftalato</b>			
Cepas de Hongos Filamentosos	Fisuras o grietas	Cambio de brillo	Porosidad
<i>Mucor sp.</i>	✓	X	X
<i>Aspergillus versicolor</i>	✓	X	X
<i>Aspergillus fumigatus</i>	✓	X	X
<i>Alternaria alternata</i>	✓	X	X
<i>Bipolaris sorokiniana</i>	X	X	X
<i>Beltrania rhombica</i>	X	X	X
<i>Cladosporium cladosporoides</i>	X	X	X
<i>Stemphylium sp.</i>	X	X	X

**Tabla 06.** Observación estereoscópica de los cambios de brillo, fisuras o grietas, porosidad en la superficie del polietileno de baja densidad ocasionada por las cepas fúngicas.

<b>Polietileno de baja densidad</b>			
<b>Cepas de Hongos</b>	<b>Fisuras o grietas</b>	<b>Cambio de brillo</b>	<b>Porosidad</b>
<b>Filamentosos</b>			
<i>Mucor sp.</i>	✓	✓	✓
<i>Aspergillus Violáceofuscus</i>	✓	X	✓
<i>Aspergillus niger</i>	✓	X	✓
<i>Aspergillus fumigatus</i>	✓	✓	✓
<i>Aspergillus flavus</i>	✓	✓	✓
<i>Alternaria alternata</i>	✓	✓	✓
<i>Penicillium purpurogenum</i>	✓	X	X
<i>Penicillium griseofulvum</i>	X	X	X
<i>Penicillium chrysogenum</i>	✓	X	✓
<i>Rhizopus stolonifer</i>	X	X	X
<i>Papulaspora brachiata</i>	X	X	X



**Figura 36.** Observación macroscópica de cambio de brillo en polietileno de baja densidad ocasionada por hongos filamentosos después de 2 meses de incubación. **A:** CONTROL; **B:** *Mucor sp.*; **C:** *A. alternata*; **D:** *A. fumigatus*.

**Tabla 07.** Porcentaje de peso perdido en polietileno de tereftalato a 25 °C y a pH 5-7.

		25°C							
		pH5				pH7			
HONGOS FILAMENTOSOS	Peso	R1 (mg)	R2 (mg)	PROMEDIO	Peso perdido %	R1 (mg)	R2 (mg)	PROMEDIO	Peso perdido %
<i>A. versicolor</i>	Pi.	90	90			90	90		
	Pf.	89.8	89.9	<b>0.15</b>	<b>0.16</b>	89.9	89.9	<b>0.1</b>	<b>0.11</b>
<i>A. fumigatus</i>	Pi.	90	90			90	90		
	Pf.	89.2	89.5	<b>0.65</b>	<b>0.72</b>	89.6	89.4	<b>0.5</b>	<b>0.55</b>
<i>A. alternata</i>	Pi.	90	90			90	90		
	Pf.	89.1	89.6	<b>0.65</b>	<b>0.72</b>	89	89.5	<b>0.75</b>	<b>0.83</b>
<i>B. sorokiniana</i>	Pi.	90	90			90	90		
	Pf.	89.9	89.7	<b>0.2</b>	<b>0.22</b>	90	90	<b>0</b>	<b>0</b>
<i>Mucor sp.</i>	Pi.	90	90			90	90		
	Pf.	88.9	88.7	<b>1.2</b>	<b>1.3</b>	89	89	<b>1</b>	<b>1.11</b>

Leyenda:

Pi = Peso inicial, Pf = Peso final, R1= Replica N°1, R2= Replica N°2.

**Tabla 08.** Porcentaje de peso perdido en polietileno de tereftalato a 30 °C y a pH 5-7

HONGOS FILAMENTOSOS	30 °C								
	pH5				pH7				
	Peso	R1 (mg)	R2 (mg)	PROMEDIO	Peso perdido %	R1 (mg)	R2 (mg)	PROMEDIO	Peso perdido %
<i>A. versicolor</i>	Pi.	90	90	<b>0.2</b>	<b>0.22</b>	90	90	<b>0.2</b>	<b>0.22</b>
	Pf.	89.8	89.8			89.7	89.9		
<i>A. fumigatus</i>	Pi.	90	90	<b>0.75</b>	<b>0.83</b>	90	90	<b>0.15</b>	<b>0.16</b>
	Pf.	89.1	89.4			89.8	89.9		
<i>A. alternata</i>	Pi.	90	90	<b>0.45</b>	<b>0.5</b>	90	90	<b>0.55</b>	<b>0.61</b>
	Pf.	89.6	89.5			89.2	89.7		
<i>B. sorokiniana</i>	Pi.	90	90	<b>0.15</b>	<b>0.16</b>	90	90	<b>0</b>	<b>0</b>
	Pf.	89.9	89.8			90	90		
<i>Mucor sp.</i>	Pi.	90	90	<b>0.9</b>	<b>1</b>	90	90	<b>0.9</b>	<b>1</b>
	Pf.	89.1	89.1			89.2	89		

Leyenda:

Pi = Peso inicial, Pf = Peso final, R1= Replica N°1, R2= Replica N°2.

**Tabla 09.** Porcentaje de peso perdido en polietileno de baja densidad a 25 °C y a pH 5-7.

HONGOS FILAMENTOSOS	25°C								
	Peso	pH5			Peso perdido %	pH7			Peso perdido %
		R1	R2	PROMEDIO (mg)		R1	R2	PROMEDIO (mg)	
<i>A. violaceofuscus</i>	Pi.	2.5	2.5	<b>0.15</b>	<b>6</b>	2.5	2.5	<b>0</b>	<b>0</b>
	Pf.	2.3	2.4			2.5	2.5		
<i>A. niger</i>	Pi.	2.5	2.5	<b>0.1</b>	<b>4</b>	2.5	2.5	<b>0</b>	<b>0</b>
	Pf.	2.4	2.4			2.5	2.5		
<i>A. fumigatus</i>	Pi.	2.5	2.5	<b>0.2</b>	<b>8</b>	2.5	2.5	<b>0.1</b>	<b>4</b>
	Pf.	2.3	2.3			2.4	2.4		
<i>A. flavus</i>	Pi.	2.5	2.5	<b>0.15</b>	<b>6</b>	2.5	2.5	<b>0.1</b>	<b>4</b>
	Pf.	2.4	2.3			2.4	2.4		
<i>A. alternata</i>	Pi.	2.5	2.5	<b>0.15</b>	<b>6</b>	2.5	2.5	<b>0.2</b>	<b>8</b>
	Pf.	2.3	2.4			2.2	2.4		
<i>P. purpurogenum</i>	Pi.	2.5	2.5	<b>0.1</b>	<b>4</b>	2.5	2.5	<b>0</b>	<b>0</b>
	Pf.	2.4	2.4			2.5	2.5		
<i>P. chrysogenum</i>	Pi.	2.5	2.5	<b>0</b>	<b>0</b>	2.5	2.5	<b>0</b>	<b>0</b>
	Pf.	2.5	2.5			2.5	2.5		
<i>Mucor sp.</i>	Pi.	2.5	2.5	<b>0.5</b>	<b>20</b>	2.5	2.5	<b>0.5</b>	<b>20</b>
	Pf.	2.1	1.9			2.0	2.0		

Leyenda:

Pi = Peso inicial, Pf = Peso final, R1= Replica N°1, R2= Replica N°2.

**Tabla 10.** Porcentaje de peso perdido en polietileno de baja densidad a 30°C y a pH 5-7.

Hongos Filamentosos	30 °C								
	Peso	pH5			Peso perdido %	pH7			Peso perdido %
		R1	R2	PROMEDIO (mg)		R1	R2	PROMEDIO (mg)	
<i>A. violaceofuscus</i>	Pi=	2.5	2.5	0.15	6	2.5	2.5	0	0
	Pf=	2.3	2.4			2.5	2.5		
<i>A. niger</i>	Pi=	2.5	2.5	0.1	4	2.5	2.5	0.1	4
	Pf=	2.4	2.4			2.4	2.4		
<i>A. fumigatus</i>	Pi=	2.5	2.5	0.35	14	2.5	2.5	0.1	4
	Pf=	2.2	2.1			2.4	2.4		
<i>A. flavus</i>	Pi=	2.5	2.5	0.1	4	2.5	2.5	0.1	4
	Pf=	2.4	2.4			2.4	2.4		
<i>A. alternata</i>	Pi=	2.5	2.5	0.2	8	2.5	2.5	0.3	12
	Pf=	2.3	2.3			2.3	2.1		
<i>P. purpurogenum</i>	Pi=	2.5	2.5	0.1	4	2.5	2.5	0	0
	pf	2.4	2.4			2.5	2.5		
<i>P. chrysogenum</i>	Pi=	2.5	2.5	0.15	6	2.5	2.5	0.1	4
	pf	2.3	2.4			2.4	2.4		
<i>Mucor sp.</i>	Pi=	2.5	2.5	0.45	18	2.5	2.5	0.4	16
	pf	2.1	2			2.2	2		

Leyenda:

Pi = Peso inicial, Pf = Peso final, R1= Replica N°1, R2= Replica N°2.



**Tabla 11.** Prueba de Kruskal – Wallis de la comparación de las cepas de hongos filamentosos en la degradación de polietileno de tereftalato a temperatura de 25°C y pH5.

	Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
1	La distribución de peso es la misma entre las categorías de hongos	Prueba Kruskal - Wallis de muestras independientes	0,094	Retener la hipótesis nula

- \* La prueba de Kruskal – Wallis da como resultado que el valor de P (0,094) es superior al valor de P (0,05), lo cual indica que no existe diferencia significativa en la comparación de la mediana de la pérdida de peso de PET por degradación de los hongos filamentosos incubados durante dos meses a temperatura de 25°C y pH5.

**Tabla 12.** Prueba de Kruskal – Wallis de la comparación de las cepas de hongos filamentosos en la degradación de polietileno de tereftalato a temperatura de 25°C y pH7.

	Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
1	La distribución de peso es la misma entre las categorías de hongos	Prueba Kruskal - Wallis de muestras independientes	0,064	Retener la hipótesis nula

- \* La prueba de Kruskal – Wallis da como resultado que el valor de P (0,064) es superior al valor de P (0,05), lo cual indica que no existe diferencia significativa en la comparación de la mediana de la pérdida de peso de PET por degradación de los hongos filamentosos incubados durante dos meses a temperatura de 25°C y pH7.

**Tabla 13.** Prueba de Kruskal – Wallis de la comparación de las cepas de hongos filamentosos en la degradación de polietileno de tereftalato a temperatura de 30°C y pH5.

	<b>Hipótesis nula</b>	<b>Test</b>	<b>Sig.</b>	<b>Decisión</b>
<b>1</b>	La distribución de peso es la misma entre las categorías de hongos	Prueba Kruskal - Wallis de muestras independientes	0,075	Retener la hipótesis nula

\* La prueba de Kruskal – Wallis da como resultado que el valor de P (0,075) es superior al valor de P (0,05), lo cual indica que no existe diferencia significativa en la comparación de la mediana de la pérdida de peso de PET por degradación de los hongos filamentosos incubados durante dos meses a temperatura de 30°C y pH5.

**Tabla 14.** Prueba de Kruskal – Wallis de la comparación de las cepas de hongos filamentosos en la degradación de polietileno de tereftalato a temperatura de 30°C y pH7.

	<b>Hipótesis nula</b>	<b>Test</b>	<b>Sig.</b>	<b>Decisión</b>
<b>1</b>	La distribución de peso es la misma entre las categorías de hongos	Prueba Kruskal - Wallis de muestras independientes	0,091	Retener la hipótesis nula

\* La prueba de Kruskal – Wallis da como resultado que el valor de P (0,091) es superior al valor de P (0,05), lo cual indica que no existe diferencia significativa en la comparación de la mediana de la pérdida de peso de PET por degradación de los hongos filamentosos incubados durante dos meses a temperatura de 30°C y pH7.

**Tabla 15.** Prueba de Kruskal – Wallis de la comparación de las cepas de hongos filamentosos en la degradación de polietileno de baja densidad a temperatura de 25°C y pH5.

	<b>Hipótesis nula</b>	<b>Test</b>	<b>Sig.</b>	<b>Decisión</b>
<b>1</b>	La distribución de peso es la misma entre las categorías de hongos	Prueba Kruskal - Wallis de muestras independientes	0,091	Retener la hipótesis nula

- \* La prueba de Kruskal – Wallis da como resultado que el valor de P (0,091) es superior al valor de P (0,05), lo cual indica que no existe diferencia significativa en la comparación de la mediana de la pérdida de peso de LDPE por degradación de los hongos filamentosos incubados durante dos meses a temperatura de 25°C y pH5.

**Tabla 16.** Prueba de Kruskal – Wallis de la comparación de las cepas de hongos filamentosos en la degradación de polietileno de baja densidad a temperatura de 25°C y pH7.

	<b>Hipótesis nula</b>	<b>Test</b>	<b>Sig.</b>	<b>Decisión</b>
<b>1</b>	La distribución de peso es la misma entre las categorías de hongos	Prueba Kruskal - Wallis de muestras independientes	0,039	Rechazar la hipótesis nula

- \* La prueba de Kruskal – Wallis da como resultado que el valor de P (0,039) es menor al valor de P (0,05), lo cual indica que si existe diferencia significativa en la comparación de la mediana de la pérdida de peso de LDPE por degradación de los hongos filamentosos incubados durante dos meses a temperatura de 25°C y Ph7.

**Tabla 17.** Prueba de Kruskal – Wallis de la comparación de las cepas de hongos filamentosos en la degradación de polietileno de baja densidad a temperatura de 30°C y pH5.

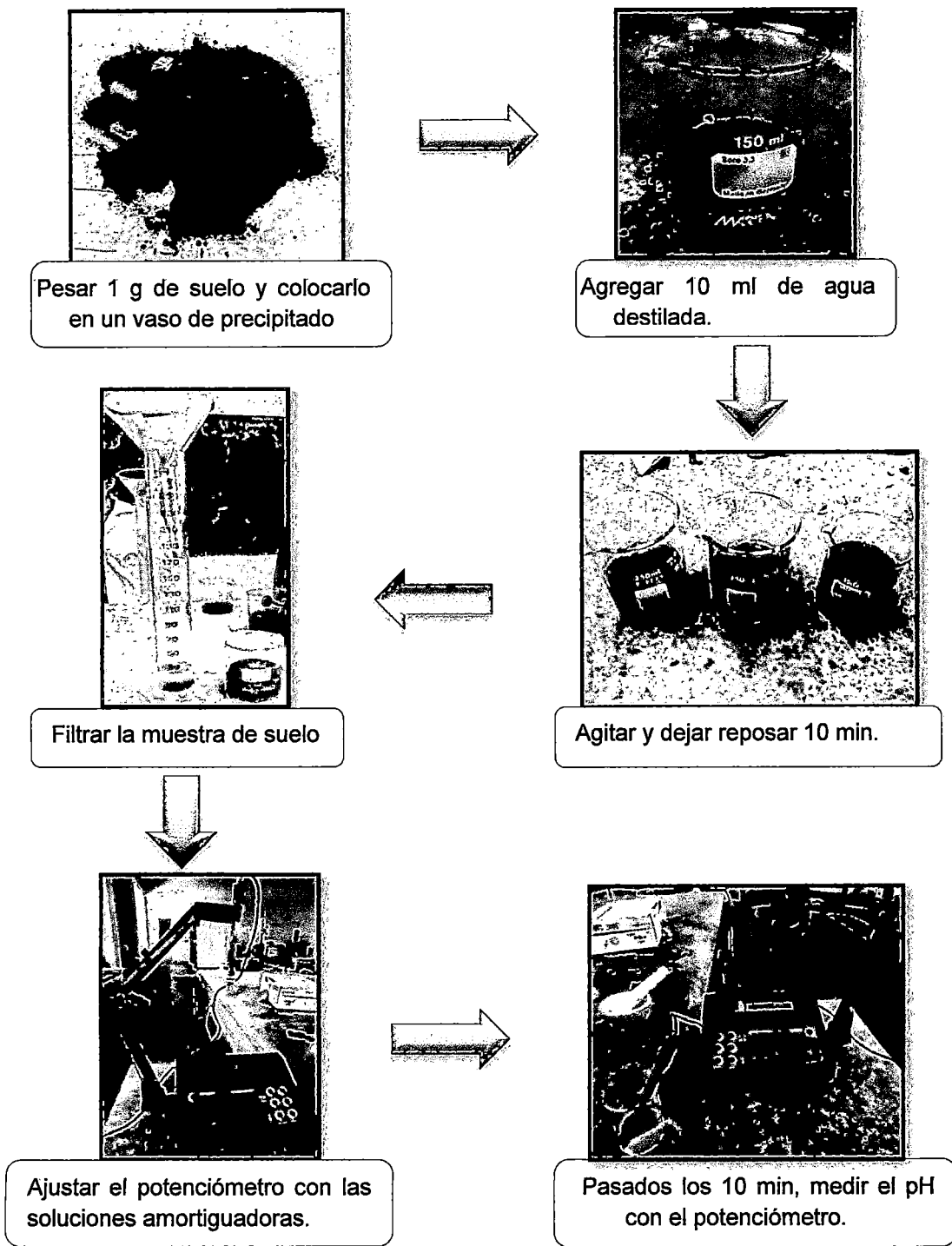
	Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
1	La distribución de peso es la misma entre las categorías de hongos	Prueba Kruskal - Wallis de muestras independientes	0,051	Retener la hipótesis nula

- \* La prueba de Kruskal – Wallis da como resultado que el valor de P (0,051) es superior al valor de P (0,05), lo cual indica que no existe diferencia significativa en la comparación de la mediana de la pérdida de peso de LDPE por degradación de los hongos filamentosos incubados durante dos meses a temperatura de 30°C y pH5.

**Tabla 18.** Prueba de Kruskal – Wallis de la comparación de las cepas de hongos filamentosos en la degradación de polietileno de baja densidad a temperatura de 30°C y pH7.

	Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
1	La distribución de peso es la misma entre las categorías de hongos	Prueba Kruskal - Wallis de muestras independientes	0,039	Rechazar la hipótesis nula

- \* La prueba de Kruskal – Wallis da como resultado que el valor de P (0,039) es menor al valor de P (0,05), lo cual indica que si existe diferencia significativa en la comparación de la mediana de la pérdida de peso de LDPE por degradación de los hongos filamentosos incubados durante dos meses a temperatura de 30°C y pH7.



**Figura 37.** Diagrama de flujo de la determinación de pH del suelo de donde se obtuvo las muestras plásticas en deterioro.



**MINISTERIO DE SALUD DE PERÚ**  
**INSTITUTO NACIONAL DE SALUD**  
 ORGANISMO PÚBLICO EJECUTOR DEL SECTOR SALUD  
*"Investigar para proteger la salud"*

**INFORME DE RESULTADO**

<b>ESTABLECIMIENTO</b>	UNIV.NAC.SAN LUIS GONZAGA		
<b>LABORATORIO</b>	MICOLOGIA		
<b>MÉDICO</b>			
<b>DOC REFERENCIA</b>	0131FCBDUNICA2014	<b>FECHA DE OBTENCION DE MUESTRA</b>	03/01/2014
<b>TIPO DE MUESTRA</b>	CEPA	<b>FECHA DE RECEPCION EN INS</b>	05/01/2014
<b>PRUEBA</b>	CULTIVO	<b>FECHA DE RESULTADO EN INS</b>	26/01/2014

<b>CODIGO DE ORIGEN</b>	<b>CODIGO</b>	<b>Resultado Lab Referencial</b>
SDP-D104	INS053144314	Aspergillus flavus

Observaciones:



**COORD. DE LABORATORIO:**  
 Dra Susana Zurita Macalupu  
 CMP - 20100

Capac Yupanqui 1400 Telefono 4719920 Jesus María Lima 11

**Fecha:** 28/01/2014    **Hora:** 2:10 p.m.

<https://www.netlab.ins.gob.pe>



Usted se encuentra en una zona segura



MINISTERIO DE SALUD DE PERÚ  
**INSTITUTO NACIONAL DE SALUD**  
 ORGANISMO PÚBLICO EJECUTOR DEL SECTOR SALUD  
*"Investigar para proteger la salud"*

**INFORME DE RESULTADO**

<b>ESTABLECIMIENTO</b>	UNIV.NAC.SAN LUIS GONZAGA		
<b>LABORATORIO</b>	MICOLOGIA		
<b>MÉDICO</b>			
<b>DOC REFERENCIA</b>	0131FCBDUNICA2014	<b>FECHA DE OBTENCION DE MUESTRA</b>	03/01/2014
<b>TIPO DE MUESTRA</b>	CEPA	<b>FECHA DE RECEPCION EN INS</b>	05/01/2014
<b>PRUEBA</b>	CULTIVO	<b>FECHA DE RESULTADO EN INS</b>	26/01/2014

<b>CODIGO DE ORIGEN</b>	<b>CODIGO</b>	<b>Resultado Lab Referencial</b>
SDP-D101	INS053144714	Aspergillus fumigatus

Observaciones:



COORD. DE LABORATORIO:  
 Dra Susana Zurita Macalupu  
 CMP - 20100

Capac Yupanqui 1400 Telefono 4719920 Jesus Maria Lima 11

Fecha: 28/01/2014 Hora: 5:11 p.m.

<https://www.netlab.ins.gob.pe>



Usted se encuentra en una zona segura



MINISTERIO DE SALUD DE PERÚ  
**INSTITUTO NACIONAL DE SALUD**  
 ORGANISMO PÚBLICO EJECUTOR DEL SECTOR SALUD  
*"Investigar para proteger la salud"*

**INFORME DE RESULTADO**

<b>ESTABLECIMIENTO</b>	UNIV.NAC.SAN LUIS GONZAGA		
<b>LABORATORIO</b>	MICOLOGIA		
<b>MÉDICO</b>			
<b>DOC REFERENCIA</b>	0131FCBDUNICA2014	<b>FECHA DE OBTENCION DE MUESTRA</b>	05/02/2014
<b>TIPO DE MUESTRA</b>	CEPA	<b>FECHA DE RECEPCION EN INS</b>	07/02/2014
<b>PRUEBA</b>	CULTIVO	<b>FECHA DE RESULTADO EN INS</b>	25/02/2014

CODIGO DE ORIGEN	CODIGO	Resultado Lab Referencial
SDP-E206	INS053144614	Aspergillus versicolor

Observaciones:



COORD. DE LABORATORIO:  
 Dra Susana Zurita Macalupu  
 CMP - 20100

Capac Yupanqui 1400 Telefono 4719920 Jesus Maria Lima 11

Fecha: 27/02/2014 Hora: 5:10 p.m.

<https://www.netlab.ins.gob.pe>



Usted se encuentra en una zona segura





MINISTERIO DE SALUD DE PERÚ  
**INSTITUTO NACIONAL DE SALUD**  
 ORGANISMO PÚBLICO EJECUTOR DEL SECTOR SALUD  
*"Investigar para proteger la salud"*

**INFORME DE RESULTADO**

<b>ESTABLECIMIENTO</b>	UNIV.NAC.SAN LUIS GONZAGA		
<b>LABORATORIO</b>	MICOLOGIA		
<b>MÉDICO</b>			
<b>DOC REFERENCIA</b>	0131FCBDUNICA2014	<b>FECHA DE OBTENCION DE MUESTRA</b>	05/02/2014
<b>TIPO DE MUESTRA</b>	CEPA	<b>FECHA DE RECEPCION EN INS</b>	07/02/2014
<b>PRUEBA</b>	CULTIVO	<b>FECHA DE RESULTADO EN INS</b>	25/02/2014

<b>CODIGO DE ORIGEN</b>	<b>CODIGO</b>	<b>Resultado Lab Referencial</b>
SDP-E201	INS053144514	Aspergillus violaceofuscus

Observaciones:



COORD. DE LABORATORIO:  
 Dra Susana Zurita Macalupu  
 CMP - 20100

Capac Yupanqui 1400 Telefono 4719920 Jesus Maria Lima 11

Fecha: 27/02/2014 Hora: 2:12 p.m.

<https://www.netlab.ins.gob.pe>



Usted se encuentra en una zona segura



**MINISTERIO DE SALUD DE PERÚ**  
**INSTITUTO NACIONAL DE SALUD**  
 ORGANISMO PÚBLICO EJECUTOR DEL SECTOR SALUD  
*"Investigar para proteger la salud"*

**INFORME DE RESULTADO**

<b>ESTABLECIMIENTO</b>	UNIV.NAC.SAN LUIS GONZAGA		
<b>LABORATORIO</b>	MICOLOGIA		
<b>MÉDICO</b>			
<b>DOC REFERENCIA</b>	0131FCBDUNICA2014	<b>FECHA DE OBTENCION DE MUESTRA</b>	03/01/2014
<b>TIPO DE MUESTRA</b>	CEPA	<b>FECHA DE RECEPCION EN INS</b>	05/01/2014
<b>PRUEBA</b>	CULTIVO	<b>FECHA DE RESULTADO EN INS</b>	28/01/2014

CODIGO DE ORIGEN	CODIGO	Resultado Lab Referencial
SDP-D102	INS053144214	Alternaria alternata

Observaciones:



**COORD. DE LABORATORIO:**  
 Dra Susana Zurita Macalupu  
 CMP - 20100

**Fecha:** 28/01/2014      **Hora:** 5:08 p.m.

Capac Yupanqui 1400 Telefono 4719920 Jesus Maria Lima 11

<https://www.netlab.ins.gob.pe>



Usted se encuentra en una zona segura



MINISTERIO DE SALUD DE PERÚ  
**INSTITUTO NACIONAL DE SALUD**  
 ORGANISMO PÚBLICO EJECUTOR DEL SECTOR SALUD  
*"Investigar para proteger la salud"*

**INFORME DE RESULTADO**

<b>ESTABLECIMIENTO</b>	UNIV.NAC.SAN LUIS GONZAGA		
<b>LABORATORIO</b>	MICOLOGIA		
<b>MÉDICO</b>			
<b>DOC REFERENCIA</b>	0131FCBDUNICA2014	<b>FECHA DE OBTENCION DE MUESTRA</b>	03/01/2014
<b>TIPO DE MUESTRA</b>	CEPA	<b>FECHA DE RECEPCION EN INS</b>	05/01/2014
<b>PRUEBA</b>	CULTIVO	<b>FECHA DE RESULTADO EN INS</b>	26/01/2014

CODIGO DE ORIGEN	CODIGO	Resultado Lab Referencial
SDP-D105	INS053145614	Beltrania rhombica

Observaciones:



COORD. DE LABORATORIO:  
 Dra Susana Zurita Macalupu  
 CMP - 20100

Fecha: 28/01/2014 Hora: 5:20 p.m.

Capac Yupanqui 1400 Telefono 4719920 Jesus Maria Lima 11

<https://www.netlab.ins.gob.pe>



Usted se encuentra en una zona segura



MINISTERIO DE SALUD DE PERÚ  
**INSTITUTO NACIONAL DE SALUD**  
 ORGANISMO PÚBLICO EJECUTOR DEL SECTOR SALUD  
*"Investigar para proteger la salud"*

**INFORME DE RESULTADO**

ESTABLECIMIENTO	UNIV.NAC.SAN LUIS GONZAGA		
LABORATORIO	MICOLOGIA		
MÉDICO			
DOC REFERENCIA	0131FCBDUNICA2014	FECHA DE OBTENCION DE MUESTRA	05/02/2014
TIPO DE MUESTRA	CEPA	FECHA DE RECEPCION EN INS	07/02/2014
PRUEBA	CULTIVO	FECHA DE RESULTADO EN INS	25/02/2014

CODIGO DE ORIGEN	CODIGO	Resultado Lab Referencial
SDP-E208	INS053145314	Bipolaris sorokiniana

Observaciones:



COORD. DE LABORATORIO:  
 Dra Susana Zurita Macalupu  
 CMP - 20100

Capac Yupanqui 1400 Telefono 4719920 Jesus Maria Lima 11

Fecha: 27/02/2014 Hora: 5:19 p.m.

<https://www.netlab.ins.gob.pe>



Usted se encuentra en una zona segura



MINISTERIO DE SALUD DE PERÚ  
**INSTITUTO NACIONAL DE SALUD**  
 ORGANISMO PÚBLICO EJECUTOR DEL SECTOR SALUD  
*"Investigar para proteger la salud"*

**INFORME DE RESULTADO**

ESTABLECIMIENTO	UNIV.NAC.SAN LUIS GONZAGA		
LABORATORIO	MICOLOGIA		
MÉDICO			
DOC REFERENCIA	0131FCBDUNICA2014	FECHA DE OBTENCION DE MUESTRA	05/02/2014
TIPO DE MUESTRA	CEPA	FECHA DE RECEPCION EN INS	07/02/2014
PRUEBA	CULTIVO	FECHA DE RESULTADO EN INS	25/02/2014

CODIGO DE ORIGEN	CODIGO	Resultado Lab Referencial
SDP-E209	INS053145114	Cladosporium cladosporoides

Observaciones:



COORD. DE LABORATORIO:  
 Dra Susana Zurita Macalupu  
 CMP - 20100

Capac Yupanqui 1400 Telefono 4719920 Jesus Maria Lima 11

Fecha: 27/02/2014 Hora: 5:17 p.m.

<https://www.netlab.ins.gob.pe>



Usted se encuentra en una zona segura



MINISTERIO DE SALUD DE PERÚ  
**INSTITUTO NACIONAL DE SALUD**  
 ORGANISMO PÚBLICO EJECUTOR DEL SECTOR SALUD  
 "Investigar para proteger la salud"

**INFORME DE RESULTADO**

<b>ESTABLECIMIENTO</b>	UNIV.NAC.SAN LUIS GONZAGA		
<b>LABORATORIO</b>	MICOLOGIA		
<b>MÉDICO</b>			
<b>DOC REFERENCIA</b>	0131FCBDUNICA2014	<b>FECHA DE OBTENCION DE MUESTRA</b>	05/02/2014
<b>TIPO DE MUESTRA</b>	CEPA	<b>FECHA DE RECEPCION EN INS</b>	07/02/2014
<b>PRUEBA</b>	CULTIVO	<b>FECHA DE RESULTADO EN INS</b>	25/02/2014

CODIGO DE ORIGEN	CODIGO	Resultado Lab Referencial
SDP-E205	INS053145414	Mucor sp.

Observaciones:



COORD. DE LABORATORIO:  
 Dra Susana Zurita Macalupu  
 CMP - 20100

Capac Yupanqui 1400 Telefono 4719920 Jesus Maria Lima 11

Fecha: 27/02/2014 Hora: 5:19 p.m.

<https://www.netlab.ins.gob.pe>



Usted se encuentra en una zona segura



**MINISTERIO DE SALUD DE PERÚ**  
**INSTITUTO NACIONAL DE SALUD**  
 ORGANISMO PÚBLICO EJECUTOR DEL SECTOR SALUD  
*"Investigar para proteger la salud"*

**INFORME DE RESULTADO**

<b>ESTABLECIMIENTO</b>	UNIV.NAC.SAN LUIS GONZAGA		
<b>LABORATORIO</b>	MICOLOGIA		
<b>MÉDICO</b>			
<b>DOC REFERENCIA</b>	0131FCBDUNICA2014	<b>FECHA DE OBTENCION DE MUESTRA</b>	03/01/2014
<b>TIPO DE MUESTRA</b>	CEPA	<b>FECHA DE RECEPCION EN INS</b>	05/01/2014
<b>PRUEBA</b>	CULTIVO	<b>FECHA DE RESULTADO EN INS</b>	26/01/2014

<b>CODIGO DE ORIGEN</b>	<b>CODIGO</b>	<b>Resultado Lab Referencial</b>
SDP-D107	INS053145214P	Papulospora brachiata

Observaciones:



**COORD. DE LABORATORIO:**  
 Dra Susana Zurita Macalupu  
 CMP - 20100

**Fecha:** 28/01/2014      **Hora:** 5:18 p.m.

Capac Yupanqui 1400 Telefono 4719920 Jesus Maria Lima 11

<https://www.netlab.ins.gob.pe>



Usted se encuentra en una zona segura



MINISTERIO DE SALUD DE PERÚ  
**INSTITUTO NACIONAL DE SALUD**  
 ORGANISMO PÚBLICO EJECUTOR DEL SECTOR SALUD  
*"Investigar para proteger la salud"*

**INFORME DE RESULTADO**

<b>ESTABLECIMIENTO</b>	UNIV.NAC.SAN LUIS GONZAGA		
<b>LABORATORIO</b>	MICOLOGIA		
<b>MÉDICO</b>			
<b>DOC REFERENCIA</b>	0131FCBDUNICA2014	<b>FECHA DE OBTENCION DE MUESTRA</b>	05/02/2014
<b>TIPO DE MUESTRA</b>	CEPA	<b>FECHA DE RECEPCION EN INS</b>	07/02/2014
<b>PRUEBA</b>	CULTIVO	<b>FECHA DE RESULTADO EN INS</b>	25/02/2014

<b>CODIGO DE ORIGEN</b>	<b>CODIGO</b>	<b>Resultado Lab Referencial</b>
SDP-E204	INS053145014	Penicillium chrysogenum

Observaciones:



COORD. DE LABORATORIO:  
 Dra Susana Zurita Macalupu  
 CMP - 20100

Fecha: 27/02/2014 Hora: 5:16 p.m.

Capac Yupanqui 1400 Telefono 4719920 Jesus Maria Lima 11

<https://www.netlab.ins.gob.pe>



Usted se encuentra en una zona segura





MINISTERIO DE SALUD DE PERÚ  
**INSTITUTO NACIONAL DE SALUD**  
 ORGANISMO PÚBLICO EJECUTOR DEL SECTOR SALUD  
*"Investigar para proteger la salud"*

**INFORME DE RESULTADO**

<b>ESTABLECIMIENTO</b>	UNIV.NAC.SAN LUIS GONZAGA		
<b>LABORATORIO</b>	MICOLOGIA		
<b>MÉDICO</b>			
<b>DOC REFERENCIA</b>	0131FCBDUNICA2014	<b>FECHA DE OBTENCION DE MUESTRA</b>	05/02/2014
<b>TIPO DE MUESTRA</b>	CEPA	<b>FECHA DE RECEPCION EN INS</b>	07/02/2014
<b>PRUEBA</b>	CULTIVO	<b>FECHA DE RESULTADO EN INS</b>	25/02/2014

CODIGO DE ORIGEN	CODIGO	Resultado Lab Referencial
SDP-E203.	INS053144914	Penicillium griseofulvum

Observaciones:



COORD. DE LABORATORIO:  
 Dra Susana Zurita Macalupu  
 CMP - 20100

Fecha: 27/02/2014 Hora: 2:14 p.m.

Capac Yupanqui 1400 Telefono 4719920 Jesus Maria Lima 11

<https://www.netlab.ins.gob.pe>



Usted se encuentra en una zona segura



MINISTERIO DE SALUD DE PERÚ  
**INSTITUTO NACIONAL DE SALUD**  
 ORGANISMO PÚBLICO EJECUTOR DEL SECTOR SALUD  
*"Investigar para proteger la salud"*

**INFORME DE RESULTADO**

<b>ESTABLECIMIENTO</b>	UNIV.NAC.SAN LUIS GONZAGA		
<b>LABORATORIO</b>	MICOLOGIA		
<b>MÉDICO</b>			
<b>DOC REFERENCIA</b>	0131FCBDUNICA2014	<b>FECHA DE OBTENCION DE MUESTRA</b>	.05/02/2014
<b>TIPO DE MUESTRA</b>	CEPA	<b>FECHA DE RECEPCION EN INS</b>	07/02/2014
<b>PRUEBA</b>	CULTIVO	<b>FECHA DE RESULTADO EN INS</b>	25/02/2014

<b>CODIGO DE ORIGEN</b>	<b>CODIGO</b>	<b>Resultado Lab Referencial</b>
SDP-E202	INS053144814	Penicillium purpurogenum

Observaciones:



COORD. DE LABORATORIO:  
 Dra Susana Zurita Macalupu  
 CMP - 20100

Capac Yupanqui 1400 Telefono 4719920 Jesus Maria Lima 11

Fecha: 27/02/2014 Hora: 2:33 p.m.

<https://www.netlab.ins.gob.pe>



Usted se encuentra en una zona segura



MINISTERIO DE SALUD DE PERÚ  
**INSTITUTO NACIONAL DE SALUD**  
 ORGANISMO PÚBLICO EJECUTOR DEL SECTOR SALUD  
*"Investigar para proteger la salud"*

**INFORME DE RESULTADO**

<b>ESTABLECIMIENTO</b>	UNIV.NAC.SAN LUIS GONZAGA		
<b>LABORATORIO</b>	MICOLOGIA		
<b>MÉDICO</b>			
<b>DOC REFERENCIA</b>	0131FCBDUNICA2014	<b>FECHA DE OBTENCION DE MUESTRA</b>	05/02/2014
<b>TIPO DE MUESTRA</b>	CEPA	<b>FECHA DE RECEPCION EN INS</b>	07/02/2014
<b>PRUEBA</b>	CULTIVO	<b>FECHA DE RESULTADO EN INS</b>	25/02/2014

<b>CODIGO DE ORIGEN</b>	<b>CODIGO</b>	<b>Resultado Lab Referencial</b>
SDP-E206	INS053145314	Rhizopus stolonífer

Observaciones:



COORD. DE LABORATORIO:  
 Dra Susana Zurita Macalupu  
 CMP - 20100

Fecha: 27/02/2014 Hora: 5:19 p.m.

Capac Yupanqui 1400 Telefono 4719920 Jesus Maria Lima 11

<https://www.netlab.ins.gob.pe>



Usted se encuentra en una zona segura



MINISTERIO DE SALUD DE PERÚ  
**INSTITUTO NACIONAL DE SALUD**  
 ORGANISMO PÚBLICO EJECUTOR DEL SECTOR SALUD  
*"Investigar para proteger la salud"*

**INFORME DE RESULTADO**

<b>ESTABLECIMIENTO</b>	UNIV.NAC.SAN LUIS GONZAGA		
<b>LABORATORIO</b>	MICOLOGIA		
<b>MÉDICO</b>			
<b>DOC REFERENCIA</b>	0131FCBDUNICA2014	<b>FECHA DE OBTENCION DE MUESTRA</b>	03/01/2014
<b>TIPO DE MUESTRA</b>	CEPA	<b>FECHA DE RECEPCION EN INS</b>	05/01/2014
<b>PRUEBA</b>	CULTIVO	<b>FECHA DE RESULTADO EN INS</b>	26/01/2014

CODIGO DE ORIGEN	CODIGO	Resultado Lab Referencial
SDP-D106	INS053144714	Stemphylium sp.

Observaciones:



COORD. DE LABORATORIO:  
 Dra Susana Zurita Macalupu  
 CMP - 20100

Fecha: 28/01/2014 Hora: 2:13 p.m.

Capac Yupanqui 1400 Telefono 4719920 Jesus Maria Lima 11

<https://www.netlab.ins.gob.pe>



Usted se encuentra en una zona segura