

## BIODETERIORO DE MATERIALES PLÁSTICOS POR MICROHONGOS

Anna Maria Mangiarotti\*, Giuseppe Caretta, \*

Enrico Nelli\* & Edoardo Piontelli\*\*

\*Università Degli Studi Di Pavia

Istituto di Micologia Medica " R Ciferri e P. Redaelli"

Via San Epifanio 14. Pavia (Italia).

\*\*Universidad de Valparaiso, Escuela de Medicina  
Cátedra de Micología, Casilla 92 V, Valparaiso (Chile).

**Palabras clave:** Plásticos, polímeros, biodeterioro, hongos.

**Keys words:** Plastics, polymers, biodeterioration, fungi.

### RESUMEN

Mediante la selección de 8 compuestos plásticos utilizados en el mercado, adquiridos a la firma Aldrich Química S.R.L. (Alemania), se valoró su capacidad de ser asimilados como única fuente de carbono in vitro, por 2 grupos de microhongos pertenecientes a los *Asco-Deuteromycetes*. Estos compuestos fueron: poliestireno, polivinilacetato, poliacrilonitrilo, policaprolactona, polimetacrilato de metilo, polivinilcloruro, acetato de celulosa y polietileno.

Solo la policaprolactona y el polivinilacetato fueron utilizados por los 2 grupos de hongos en estudio, en especial por cepas de *Aspergillus*, *Chaetomium*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Penicillium* y *Scopulariopsis*. La policaprolactona fue el polímero más utilizado entre pH 6,5 a 8.

Las diferentes especies pertenecientes a los géneros *Aspergillus* y *Fusarium*, presentaron la mayor actividad en la utilización de estos compuestos.

### INTRODUCCION

Los hongos como heterótrofos, desempeñan conocidas actividades en la descomposición de una gran variedad de sustancias orgánicas y en la oxidación de algunos compuestos inorgánicos en la biosfera, especialmente en su rol de biotrofos.

Los plásticos en general han tenido una enorme difusión comercial en los últimos decenios, gracias a su alta resistencia a la descomposición y a las posibilidades industriales de síntesis de nuevos polímeros con propiedades físico-químicas especiales. Paralelamente a estas cualidades, responsables de sus éxitos, se han presentado problemas graves en el campo de los desechos, debido al limitado o nulo ataque biológico hacia ellos por parte de los microorganismos. Esta situación ha permitido que los

### SUMMARY

[Biodeterioration of plastic compounds by microfungi]

By means of the selection of 8 plastic compounds that are found in the industry, and bought from Aldrich Chemical S.R.L. (Germany), the capacity to be assimilated as the only carbon source in vitro, by two groups of microfungi belonging to *Asco-Deuteromycetes*, was evaluated. These materials were: Polystyrene, polyvinylacetate, polyacrylonitrile, polycaprolactone, polymethylmethacrylate, polyvinylchlorure, cellulose acetate and polyethylene.

Only polycaprolactone and polyvinylacetate were used by both groups of fungi under study, specially by strains of *Aspergillus*, *Chaetomium*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Penicillium* and *Scopulariopsis*. Polycaprolactone was the polymer most utilized between pH 6,5 to 8.

The different species belonging to genera *Aspergillus* and *Fusarium*, presented the highest activity in the utilization of these compounds.

productos manufacturados con plásticos, permanezcan visibles en muchos ambientes terrestres o acuáticos, debido a su difícil eliminación (Eggs et al., 1971, 1975).

Quizás la solución actual, reside en las posibilidades de un total o parcial reciclaje industrial, para evitar que la incineración, al producir sustancias tóxicas (ac. clorhídrico, dioxinas, etc), produzca graves daños biológicos a un sinnúmero de organismos (Palit & Bhattacharya 1976).

Con el advenimiento de plásticos foto y biodegradables, se pensó en haber logrado soluciones definitivas, sin embargo estas sustancias han demostrado, grandes limitaciones en este campo (Klemchuk, 1989).

Entre los primeros estudios sobre la posibilidad de alterar los plásticos mediante su entierro prolongado, Conally (1971) y Kestel'man et al. (1972), descubrieron que después de varios años de permanencia bajo el suelo, se



después de varios años de permanencia bajo el suelo, se presentaban cambios físicos, concluyendo que éstos podrían también deberse a la acción de agentes biológicos. Por el contrario, en experimentos efectuados por Rodríguez, (1971) y Potts et al. (1972), con plásticos vinílicos tales como: polietileno, polipropileno, poliestireno, polivinilcloruro y poliésteres aromáticos, se demostró su resistencia al ataque biológico.

Solo algunos tipos de plásticos (poliesteres alifáticos y poliuretanos), parecen ser los únicos polímeros capaces de ser atacados por microorganismos (Potts et al, 1972; Tokiwa & Suzuki, 1974; Diamond et al., 1975; Klemchuk, 1989).

El poliestireno no es sensible a la degradación biológica, aunque sea recubierto por los hongos (Heap & Morrel, 1968).

En general los estudios sobre la descomposición fúngica de los plásticos son escasos y los que existen, se limitan a unos pocos compuestos relacionados con algunas especies de hongos (Hazeau, 1967; Heap & Morrel, 1968; Nykrist, 1974; Kavelman & Kendrick, 1978).

Nuestro objetivo principal fue: valorar in vitro la capacidad de diferentes microhongos (*Asco-Deuteromycetes*), capaces de asimilar como única fuente de carbono, las diversas cadenas de polímeros de los principales grupos de plásticos utilizadas en el comercio. Como objetivos específicos se valoraron: el crecimiento de las cepas, la importancia del pH, las variaciones de éste, las capacidades asimilativas entre especies de un mismo género y los cambios en el aspecto físico de los polímeros utilizados.

## MATERIALES Y METODOS

### a) Selección de los materiales

La selección de los principales grupos de polímeros a utilizarse, se basó en los más empleados en el mercado y en algunos materiales plásticos usados por otros investigadores. Los compuestos de base\* fueron adquiridos a la firma Aldrich Química S.R.L. (Alemania), presentándose ya sea bajo forma de: polvo, granos o pellet.

- \* Polivinil acetato (PVC) 18.949-9 (Código)
- Poliestireno 18,242-7
- Poliacrilonitrilo 18,131-5
- Policaprolactona 18,160-9
- Polimetacrilato de metilo 18,223-0
- Polivinilcloruro 18,958-8
- Acetato de celulosa 18,095-5
- Polietileno 18,189-7

### b) Medio de cultivo

Para el control de la actividad descomponedora de los hongos seleccionados, se adoptó la metodología de cultivo empleada por Kavelman & Kendrick (1978), en su actividad sobre la poli-epsilon caprolactona.

Los componentes del medio base fueron los siguientes: Nitrato de sodio, 0.3g; Dipotasio hidrogeno fosfato, 0,1g; Sulfato de magnesio, 0,5g; Cloruro de potasio, 0,5g; Sulfato ferroso, 0.01g; Agar noble, 15g; Agua destilada, 1000 ml (Agar Czapek-Dox).

El agar noble utilizado, fue para evitar posibles trazas de microelementos nutritivos.

Para el crecimiento activo de las cepas (inóculos y controles), se empleó Agar extracto de Malta a pH 7.

### c) Cepas fúngicas utilizadas

Se utilizaron cepas fúngicas provenientes de la micoteca del "Istituto di Micologia Medica" de la Universidad de Pavia (Italia), previamente seleccionadas por su capacidad celulolítica y que evidenciaron resultados positivos en ensayos previos, frente a policaprolactona.

#### Grupo 1.

- A. niger* van Tieghem 1.
- A. niger* 3.
- A. ustus* (Bain.) Thom & Church
- Cladosporium sphaerospermum* Penz.
- Chaetomium globosum* Kunze ex Steud.
- Fusarium* sp.
- F. oxysporum* Schlecht
- Penicillium fellutanum* Biourge
- P. thomii* Maire
- P. velutinum* van Beyma
- Scopulariopsis brevicaulis* (Sacc.) Bain.

Para evidenciar las posibles diferencias en la utilización de estos polímeros, entre especies de un mismo género, se seleccionaron 18 especies cosmopolitas, de *Hyphomycetes* comunes en los suelos, pertenecientes a los géneros *Aspergillus*, *Fusarium* y *Penicillium* (6 diferentes para cada género). Esta prueba no incluyó ninguna de las especies del Grupo 1.

#### Grupo 2.

- Aspergillus glaucus* Link
- A. fumigatus* Fres.
- A. versicolor* (Vuill.) Tiraboschi
- A. flavus* Link
- A. nidulellus* Samson & W. Gams (= *A. nidulans*)
- A. alutaceus* Berk. (= *A. ochraceus* Wilhelm)
- Fusarium oxysporum* Schlecht. emend. Snyder & Hans.
- F. merismoides* Corda



*F.lateritium* Nees  
*F.semitectum* Berk. & Rav.  
*F.equiseti* ( Corda) Sacc.  
*F.tricinctum* (Corda) Sacc.  
*Penicillium jantinelum* Biourge  
*P.purpurogenum* Stoll  
*P.funiculosum* Thom  
*P.glabrum* (Wehmer) Westling (= *P.frequentans*)  
*P.expansum* Link  
*P.brevicom pactum* Dierchx

Todas las cepas del **Grupo 1 y 2**, se cultivaron en MEA durante un lapso de 7 a 14 días, a 25°C, hasta obtener una buena esporulación para el inóculo.

#### d) Preparación del inóculo y siembras

1) El inóculo consistió en una suspensión en 5 ml de H<sub>2</sub>O estéril, de un raspado con asa, de la superficie de cada colonia con buena fructificación, hasta la obtención de una turbidez de 0,2 correspondiente a la escala McFarland.

De cada suspensión se tomó 1ml, distribuyéndose y homogenizándose en placas de Petri de 10 cm ( llenadas en sus 3/4 en altura) con el medio mineral, licuado a 45°C y a diferentes pH finales (4, 6,5 y 8). La única fuente de carbono, correspondió a cada tipo de material plástico utilizado. Como control, los hongos en estudio fueron incubados en el mismo medio mineral (sin ninguna fuente de carbono).

Los materiales plásticos en pellet y granos, se depositaron con pinzas estériles en el centro de las placas en cantidades de 5 a 8, mientras los materiales en polvo, en la misma posición central, pero con una cuchareta de 5mm de diámetro.

Todas las siembras de las cepas descritas en el **Grupo 1** y los controles, fueron efectuadas en duplicado.

Las placas se incubaron por un período de 2 semanas a 25°C y a temperatura ambiente hasta completar 60 días (entre 18-23°C).

Para evitar la desecación rápida del medio de cultivo, por el prolongado período de incubación, éstas después de las 3 semanas se envolvieron en grupos, con un delgado plástico transparente.

El crecimiento de cada colonia fue representado por una simbología de cruces: +/++/+++ , en función de: un crecimiento **escaso** (colonias de 0,1 hasta 1 cm de diámetro), **discreto** ( colonias de hasta 2 cm) y **bueno** (colonias superiores a 2 cm) respectivamente.

Para valorar el crecimiento total en cada unidad de tiempo y/o pH, se obtuvo un promedio aproximado al entero más próximo del número de cruces asignado a cada crecimiento a los 60 días (no importando si este continuaba

posteriormente). En las mediciones del diámetro de las colonias, se consideró sólo el crecimiento observado en la superficie del material o en sus proximidades, seleccionando solo los talos que permitieron una mejor medición. El crecimiento sobre los polímeros o en sus proximidades se aceptó como una prueba de la utilización de éste.

Solo se consideró como crecimiento cuantificable de una cepa, aquél que tuviera negativo o con leve desarrollo el control correspondiente.

Como prueba anexa para apreciar la influencia del pH sobre el crecimiento, se cultivaron todas las cepas del **Grupo 1**, en un medio con compuestos carbonados de fácil utilización (Agar extracto de Malta), utilizándose como prueba (en duplicado), el cultivo de las cepas del **Grupo 1**.

Para apreciar las variaciones del pH en el tiempo (inicial (pH 6,5), 30 y 60 días), frente a los distintos polímeros, se utilizó el mismo medio de cultivo mineral, pero líquido, en tubos de ensayo con 9cc del medio y con 3 gramos c/u, de cada tipo de plástico. Para las mediciones se empleó un peachimetro digital Bekman. Para este ensayo, solo se empleó la cepa de mejor crecimiento de cada género (del **Grupo 1**).

2) Todas las cepas del **Grupo 2**, se estudiaron con la misma metodología estipulada en el punto **d. 1**, pero solamente en agar Czapek-Dox, con pH final de 6,5.

#### e) Cambios en el aspecto visual de los polímeros empleados.

Para apreciar los posibles cambios superficiales de los granos o pellet de polietileno empleados, después del período de incubación (solo se utilizaron los hongos del **Grupo 1**, considerados como patrones), éstos se retiraron de las placas, se dejaron en agua destilada estéril por 1 hora, posteriormente se lavaron cuidadosamente para retirar todo resto del micelio presente (sin emplear elementos que permitieran dañar su superficie). Luego se compararon con el producto original comercial, bajo la lupa estereoscópica. Se consideró:

- a) Cambios en la opacidad o brillo del material
- b) Fisuras o grietas
- c) Ausencia de cambios

## RESULTADOS

De los 8 tipos de polímeros plásticos ensayados, solo hubo desarrollo fúngico en presencia de policaprolactona y polivinilacetato, al ser empleados éstos como única



fuente de carbono para los dos grupos de hongos detallados en materiales y métodos. Los otros 6 tipos de polímeros analizados, arrojaron siempre resultados negativos.

### 1) Crecimiento fúngico

La policaprolactona, fue el polímero más utilizado por la mayoría de las especies del **Grupo 1** (Fig. 1, 2, 3, 4), en especial por *Fusarium oxysporum*, *Penicillium thomii* y *P.fellutanum*, los cuales obtuvieron los mayores diámetros en el desarrollo de sus talos. El polivinilacetato, fue utilizado en menor medida y solamente *Aspergillus niger* 3, *F. oxysporum* y *Penicillium velutinum*, presentaron un escaso a moderado desarrollo (Tabla 1).

Solo 2 cepas del **Grupo 1** (*A. niger* 3 y *F. oxysporum*), fueron capaces de crecer en ambos polímeros.

### 2) Influencia del pH

En la misma Tabla 1, puede observarse que: a) La policaprolactona permitió un mejor desarrollo de algunas cepas a un pH levemente ácido (cercano al neutro) o alcalino, que en pH ácido. En las placas con alta acidez (pH4), solo hubo un débil desarrollo de *Aspergillus ustus* y *Chaetomium globosum*. b) Las cepas en polivinilacetato, no evidenciaron cambios mayores entre pH 6,5 y 8, y no hubo desarrollo a pH 4 (Tabla 1).

Sobre agar extracto de Malta, en general se evidenció la capacidad de todas las cepas del **Grupo 1**, de crecer tanto a pH 4 como a pH 8, aunque entre pH 6,5 y 8, los diámetros

fueron ligeramente superiores en promedio.

### 3) Variaciones del pH

En presencia de policaprolactona, las variaciones de pH registradas en el medio líquido (Tabla 2), ponen en evidencia una ligera reducción hacia la acidez, no superior a un dígito (como máximo de pH 6,5 a 5,5).

### 4) Capacidades asimilativas entre especies de un mismo género

En las especies del **Grupo 2**, la policaprolactona fue también el polímero más utilizado, siendo las especies de *Aspergillus* y *Fusarium* las que presentaron mayor desarrollo de sus talos, mientras que en las del género *Penicillium*, sus respuestas fueron escasas, a excepción de *P.funiculosum*. En polivinilacetato, tanto las especies de *Aspergillus* como las de *Fusarium* tuvieron respuestas similares y superiores a las de *Penicillium*, a excepción de *P.funiculosum*, todas las demás especies consideradas de este género arrojaron resultados negativos (Tabla 3).

### 5) Cambios en el aspecto físico de los polímeros

Después de 60 días de incubación y debido al crecimiento fúngico en presencia de los 2 polímeros, estos compuestos presentaron al examen visual comparativo bajo la lupa, modificaciones en brillo y transparencia. Todos los hongos del **Grupo 1** (grupo patrón), capaces de utilizar estos polímeros, causaron una notoria opacidad en ellos, pero además *A.niger* 1, *Chaetomium globosum* y *P.thomii*, produjeron ligeras fisuras y surcos en la superficie de la policaprolactona.

TABLA 1. Cepas patrones del Grupo 1 en medio mineral sólido con los polímeros utilizados

Nombre de los polímeros	Polivinilacetato			Policaprolactona			Otros polímeros*		
	pH			pH			pH		
Nombre de las cepas	4	6,5	8	4	6,5	8	4	6,5	8
<i>Aspergillus niger</i> 1	-	-	-	-	++	+++	-	-	-
<i>A.niger</i> 3	-	+	+	-	+	+	-	-	-
<i>A. ustus</i>	-	-	-	+	++	++	-	-	-
<i>Chaetomium globosum</i>	-	-	-	+	++	+++	-	-	-
<i>Cladosporium sphaerospermum</i>	-	-	-	-	++	++	-	-	-
<i>Fusarium oxysporum</i>	-	++	++	-	+++	+++	-	-	-
<i>Fusarium sp.1</i>	-	-	-	-	++	+++	-	-	-
<i>Penicillium fellutanum</i>	-	-	-	-	+++	+++	-	-	-
<i>P. thomii</i>	-	-	-	-	+++	+++	-	-	-
<i>P. velutinum</i>	-	++	++	-	-	-	-	-	-
<i>Scopulariopsis brevicaulis</i>	-	-	-	-	++	++	-	-	-

\* Poliestireno, Poliacrilonitrilo, Polimetacrilato de metilo, Polivinilcloruro, Acetato de celulosa, Polietileno

Tabla 2. Modificaciones del pH en el tiempo, por representantes de cada género del Grupo 1, en medio mineral líquido con polivinilacetato y policaprolactona

Nombre de las cepas	Polivinilacetato			Policaprolactona		
	inicial	pH 30 días	60 días	inicial	pH 30 días	60 días
<i>Aspergillus niger</i> 1	6,5	6,4	6,4	6,5	6,1	6,1
<i>Chaetomium globosum</i>	-	-	-	6,5	5,8	5,8
<i>Fusarium</i> sp. 1	6,5	6,7	6,7	6,5	6,1	5,8
<i>Penicillium thomii</i>	-	-	-	6,5	6,1	6,1
<i>Scopulariopsis brevicaulis</i>	-	-	-	6,5	5,8	5,5
			$\bar{x}$	6,5	6,0	5,9

Tabla 3. Especies de *Aspergillus*, *Fusarium* y *Penicillium* del Grupo 2, en medio mineral sólido a pH 6.5, con los polímeros utilizados.

Nombre de las cepas	Polivinil.	Policapro.	Otros*
<i>Aspergillus alutaceus</i>	-	++	-
<i>A.flavus</i>	+	++	-
<i>A.fumigatus</i>	-	+++	-
<i>A.glaucus</i>	++	+++	-
<i>A.nidulellus</i>	-	++	-
<i>A.versicolor</i>	++	+++	-
<i>Fusarium equiseti</i>	+	+++	-
<i>F.lateritium</i>	+	+++	-
<i>F.merismoides</i>	-	+++	-
<i>F.oxysporum</i>	+	+++	-
<i>F.semitectum</i>	+	++	-
<i>F.tricinatum</i>	-	++	-
<i>Penicillium brevicompactum</i>	-	-	-
<i>P.expansum</i>	-	-	-
<i>P.glabrum</i>	-	-	-
<i>P.janthinellum</i>	-	++	-
<i>P.funiculosum</i>	++	+++	-
<i>P.purpurogenum</i>	-	++	-

\* Poliestireno, Poliacrilonitrilo, Polimetacrilato de metilo, Polivinilcloruro, Acetato de celulosa, Polietileno.



## DISCUSION

Nuestra investigación a pesar que modificó la técnica interpretativa de Kavelman & Kendrick (1978), referente a la utilización de la policaprolactona como única fuente de carbono para algunos *Hyphomycetes*, nos parece simple y confirma la utilización enzimática de este polímero por el hongo. A diferencia de estos autores, no efectuamos medidas sobre las pérdidas de peso de estos compuestos, porque, el desarrollo del talo se limitaba a un período relativamente corto, el crecimiento era solo superficial sobre un material relativamente grueso (granos) y por lo tanto no podía incidir de una manera relevante sobre la masa del polímero. Tampoco se hicieron pruebas para revelar la actividad sinérgica de algunas cepas inoculadas al mismo tiempo frente a un mismo sustrato. Por el contrario, simples valoraciones oculares del desarrollo o mediciones de las variaciones de las propiedades ópticas o mecánicas, efectuadas por Hazeu (1967), guardan relación con el desarrollo del hongo, pero no demuestran la utilización del polímero.

Varios investigadores consideraron en sus estudios un solo polímero, como el poliestireno (Heap & Morrel, 1968), la policaprolactona (Kavelman & Kendrick, 1978), el triacrilonitrilo (Asano et al., 1980), o el polimetilmetacrilato (Kestel'man et al., 1972). En nuestra investigación seleccionamos estos compuestos basandonos en su uso en la industria actual y en su constitución (99% por el polímero puro), sin el agregado de aditivos o plastificantes, los cuales en muchos casos aumentan la biodescomposición del material, como fue revelado por Hazeu (1967), para el polivinilcloruro. Debido a esto, Klausmeier & Jones (1961), hicieron experiencias encaminadas a confirmar que estas sustancias son fácilmente utilizables por los hongos, mientras Mills & Eggins (1974), demostraron la capacidad de algunos hongos termófilos como *Aspergillus fumigatus* y *Sporotrichum thermophile*, de utilizar la mayoría de los 30 plastificantes empleados y ser resistentes al ataque de los hongos mesófilos.

Kavelman & Kendrick (1978), Mills & Eggins (1974), Assano et al., (1980), utilizaron cepas aisladas desde el suelo enriquecido previamente con el polímero o sus precursores, por el contrario nosotros, utilizamos cepas de una micoteca que solo tienen en común la capacidad de descomponer en la naturaleza los polímeros naturales, como la celulosa (Domsh et al., 1980). Sin embargo nuestros resultados concuerdan con los primeros autores mencionados, en que la policaprolactona, un poliéster alifático obtenido por polimerización de epsilon caprolactona, demostró ser el compuesto más biodegradable, principalmente por especies de *Aspergillus*, *Chaetomium*, *Fusarium*, *Penicillium* y *Scopulariopsis*.

Esta situación fue confirmada también por Diamond et al. (1975), Potts et al. (1972) y Klemchuc (1989), los cuales sostienen que, los poliésteres alifáticos, son unos de los pocos polímeros que pueden biodegradarse lentamente.

Contrariamente a los resultados obtenidos por Kaplan et al., (1979) y Kestel'man et al., (1972), no observamos el biodeterioro del polimetilmetacrilato, mientras el polivinilacetato que no había sido usado en estas pruebas, demostró ser sensible al ataque de algunas especies de *Aspergillus*, *Fusarium* y *Penicillium*.

A pesar que nuestros resultados solo pretendieron evaluar ciertas capacidades biodescomponedoras, después de evidenciar resultados positivos, nuestra investigación se orientó a los géneros de mayor actividad para establecer si estas cualidades son comunes a todas las especies de un mismo género, o más aún, a algunas cepas en el ámbito de la misma especie. En este sentido *Aspergillus* y *Fusarium* tuvieron un comportamiento análogo, no así *Penicillium*.

En la utilización de cepas de diversa proveniencia, pero pertenecientes a la misma especie, hubieron diferencias apreciables, desde positivas a negativas, frente a los 2 compuestos. Especialmente para algunas cepas de *A.niger*.

Particular atención merece la influencia del pH en relación al crecimiento y a la capacidad biodescomponedora sobre los plásticos. La falta de crecimiento a pH 4, de todas las cepas sobre policaprolactona, indica el rol desfavorable de éste en el desarrollo del talo, ya sea inhibiendo la actividad enzimática o creando condiciones no favorables para la agresión del sustrato. Esta situación podríamos extrapolarla a la baja de pH observada en medio líquido sobre la policaprolactona, la cual podría ser una de las causas de la detención del crecimiento que observamos entre los 60 y 90 días en medio sólido.

La capacidad de crecimiento fúngico bajo condiciones de laboratorio, no involucra situaciones limitantes de competencia. Bajo éstas condiciones experimentales, su actividad fisiológica se centra principalmente en los factores que puedan afectar el crecimiento de los ápices hifales y por ende la extensión del micelio. La dinámica de crecimiento impuesta por nuestras condiciones ambientales y complejos recursos nutricionales carbonados, limitaron ciertamente el crecimiento exponencial activo de las colonias. Tratamos de suplir la deshidratación, agregando mayor cantidad de medio de cultivo en las placas de Petri, pero: la disminución de nutrientes, el acúmulo de metabolitos secundarios, los cambios de pH, así como otros factores, no pudieron ser regulados con nuestra metodología, lo cual puede detener totalmente el crecimiento, o limitandolo solo a áreas periféricas (anillo marginal) de las colonias. En el análisis de la prolongada incubación, que efectuamos en estudios previos, pudimos



apreciar que los talos empezaban a visualizarse desde los 15 a 30 días, pero generalmente el crecimiento exponencial se apreciaba mejor entre los 30 y 60 días. Entre los 60 y 90 días, las colonias en general aún podían crecer lentamente, pero seguramente a expensas de su anillo marginal; es por esto que nuestras mediciones se hicieron a los 60 días, considerando que en tiempos mayores estaríamos frente a una fase de desaceleración o autolítica.

En las placas de control sin el polímero (sin ninguna fuente de carbono), los hongos no crecían o lo hacían en forma muy reducida; consideramos esta situación como normal, debido a que algunos hongos, en especial los del género *Aspergillus* y *Fusarium*, son capaces de crecer lentamente bajo condiciones oligotróficas (Wainwright, 1988), aprovechando mínimas trazas en el sustrato o reciclando los componentes de pared - citoplasma presentes en el inóculo no viable.

## CONCLUSIONES

Los polímeros plásticos de policaprolactona y polivinilacetato, pueden ser utilizados como fuente de carbono por algunos *Asco-Deuteromycetes*, en especial por especies de *Aspergillus*, *Fusarium* y *Penicillium*.

La policaprolactona fue el polímero más utilizado por la mayoría de las especies del **Grupo 1 y 2**.

En las condiciones experimentales in vitro empleadas, las cepas estudiadas presentaron los mejores desarrollos de sus talos a pH cercanos al neutro o alcalino (6,5-8.0).

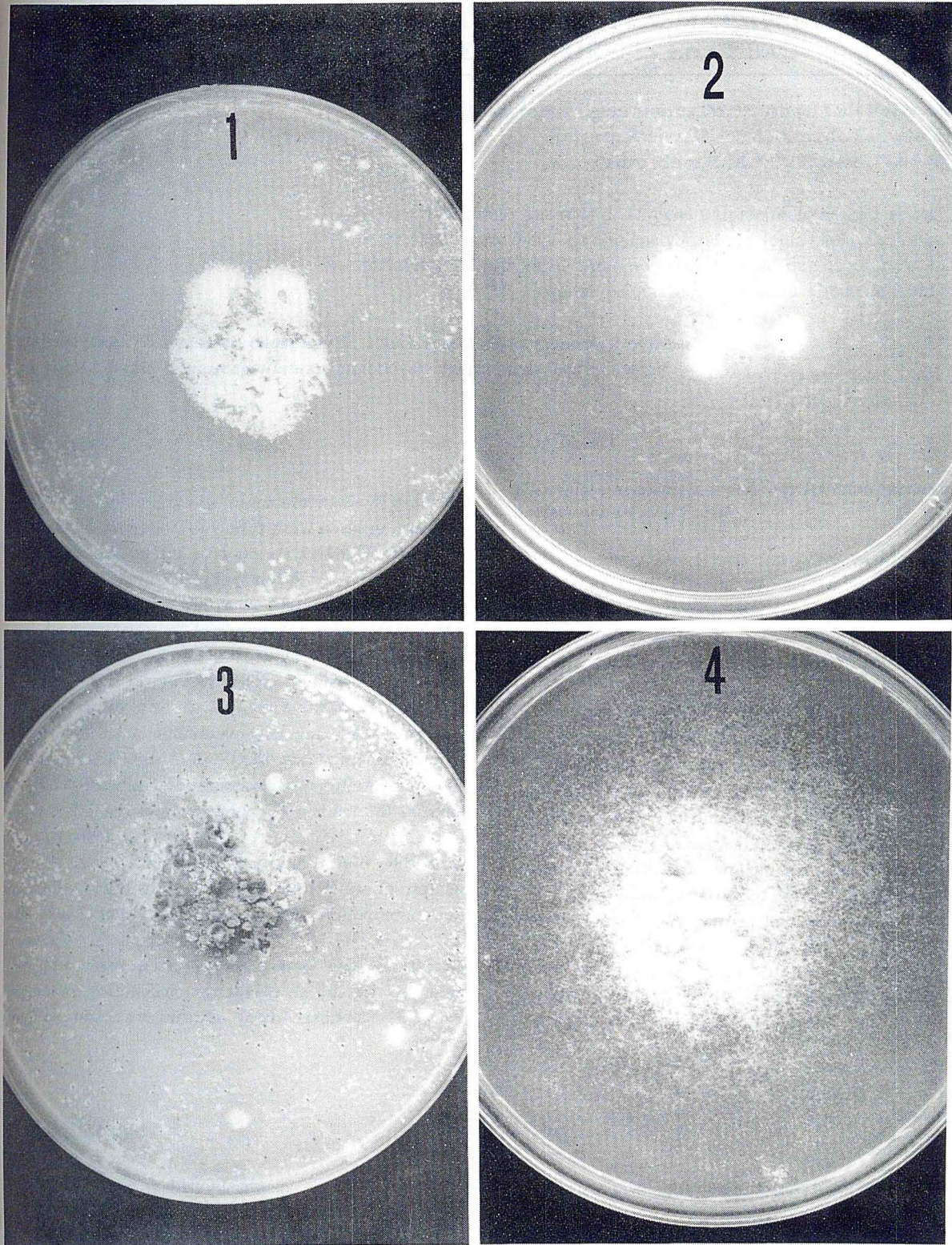
En un análisis de la capacidad de utilización de los 2 polímeros entre las especies de un mismo género, *Aspergillus* y *Fusarium* tuvieron un comportamiento similar, mientras *Penicillium* exhibió las mayores diferencias.

## REFERENCIAS

- Asano, Y.; Ando, S.; Tani, Y.; Yamada, H. & Ueno, T. (1980). Fungal degradation of triacrylonitrile. *Agric. Biol. Chem.* 45:57-62
- Conally, R. A. (1971). Soil burial of material and structures. *Biodeterioration of materials*. 2: 168-178.
- Diamond, M. J.; Freedman, B. & Garibaldi, J. A. (1975). Biodegradable polyester films. *Int. Biodeterm. Bull.* 2: 127-132
- Domsch, K. H.; Gams, W. & Anderson, T. H. (1980). *Compendium of soil fungi* Academic press. London.
- Eggins, H. O. W.; Mills, J.; Holt, A. & Scott, G. (1971). Biodeterioration and biodegradation of synthetic polymer. In: Sykes, G. & Skimmer, F. A. (Eds.) *Microbial aspects of pollution*. London Academic Press pp.267-279
- Eggins, H. O. W. & Allsopp, D. (1975). Biodeterioration and biodegradation by fungi. In: Smith, J. E. & Berry, D. R. (Eds.) *The filamentous fungi*. Vol. I. Arnold. London. pp.301-319
- Hazeu, W. (1967). Result of the first inter-laboratory experiment on biodeterioration of plastics. *Int. Biodeterm. Bull.* 3:15-19
- Heap, W. M. & Morrel, S. H. (1968). Microbial deterioration of rubber and plastics. *J. Appl. Chem.* 18:189-194
- Kaplan, D. L.; Hartenstein, & Sutter, J. (1979). Biodegradation of Polystyrene, poly (methyl methacrylate) and phenol formaldehyde. *Applied and Environmental Microbiology*. 38:551-553
- Kavelman, R. & Kendrick, B. (1978). Degradation of a plastic polyepsilon-caprolactone by hyphomycetes *Mycologia*. 70: 87-103
- Kestelman, V. N.; Yarovenko, V. K. & Mel'nilova, E. I. (1972). The corrosion of polymeric materials under conditions of the microbiological synthesis of enzymes. *Int. Biodeterm. Bull.* 8:15-19
- Klausmeier, R. E. & Jones, W. A. (1961). Microbiological degradation of plasticisers. *Dev. Ind. Microbiol.* 2: 47-53
- Klemchuk, P. P. (1989). Degradability II. Chemistry of plastics casts a negative vote. *Modern plastics International*. September 1989, pp 82-85
- Mills, J. & Eggins, H. O. W. (1974). The biodeterioration of certain plasticisers by thermophilic fungi. *Int. Biodeterm. Bull.* 10:39-44
- Nykrist, N. B. (1974). Biodegradation of low-density polyethylene. *Plast. and Pol.* 42: 195-199

- Palit, S.R. & Bhattacharya, S. (1976).** Plastics and environment Science and Culture. 42: 253-258
- Potts, J.E.; Clendinning, R.A. & Ackart, W.B. (1972).** An investigation of the biodegradability of packaging plastic. Environmental Protection Technology Series. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C.
- Rodríguez, F. (1971).** The prospects for biodegradable plastics. Chemical Technology 409-415
- Tokiwa, Y. & Suzuki, T. (1974).** Degradation of polyethylene glycol adipate by a fungus. J. Ferment. Technol. Osaka 52:393-398
- Wainwright, M. (1988).** Metabolic diversity of fungi in relation of growth and mineral cycling in soil- a review. Trans. Br mycol. Soc. 90:159-170





Figuras 1, 2, 3, 4. Medio de cultivo con policaprolactona. **Fig.1.** Desarrollo de *Fusarium sp.* **Fig.2.** Desarrollo de *Scopulariopsis brevicaulis*. **Fig.3.** Desarrollo de *Penicillium thomii*. **Fig.4.** Desarrollo de *Fusarium oxysporum*.