

COMPORTAMIENTO DE GENEROS TEXTILES DE DIVERSA CONSTITUCION FIBROSA ANTE LA ACCION MICROBIANA EN CONDICIONES NATURALES AGRESIVAS

E. Cabrera* y M.O. López**

0.1. Resumen

Se estudia el comportamiento de materiales textiles constituidos por fibras de algodón y de viscosa, puras y en mezclas binarias y ternarias con fibras de polietilentereftalato, ante la acción destructiva microbiana acelerada, en condiciones naturales por enterramiento. Constituye objeto de estudio el conocimiento de los microorganismos, particularmente de hongos filamentosos, con carácter celulolítico, así como el comportamiento de estos materiales preservados con un agente fungicida en medio altamente contaminado.

Se llega a la conclusión de que el comportamiento del material depende de su constitución fibrosa y del estado en que se encuentra, mostrándose más resistentes ante la invasión microbiana aquellos que contienen en mayor proporción las fibras de PES y de CV; asimismo, la presencia del biocida influye en la disminución del grado de contaminación.

Se pudo confirmar el carácter celulolítico de gran número de especies de hongos filamentosos, así como de *Curvularia pallescens*, *Curvularia verruculosa* y *Drechslera bicolor*, reconocidos como plurívoros. Se registra por primera vez en el país la presencia de *Drechslera bicolor*, la cual presenta marcado acento celulolítico. Mediante la técnica empleada no se comprueba el carácter celulolítico de *Fusarium sp.*

Palabras clave: hongo filamentosos, biocida, celulolítico, plurívoro, mezcla binaria, mezcla ternaria, capacidad fúngica, Grado Medio de Polimerización, fibra de algodón, fibra de viscosa, fibra de poliéster.

0.2. Summary. BEHAVIOUR OF TEXTILE MATERIALS OF DIVERSE FIBER COMPOSITION TO MICROBIAL ACTION UNDER NATURAL AGGRESSIVE CONDITIONS

Study on the behaviour of textiles made from cotton and viscose fibers -both as single components or in binary or tertiary blends with polyethylene terephthalate-to accelerated microbial destructive action under natural soil-burial conditions. An object

of this study is to acquire knowledge of attacking microorganisms, especially filamentous fungi of cellulolytic nature, as well as the behaviour shown by the said materials preserved with a fungicidal agent in a highly polluted environment.

It was found that the behaviour of textile materials depends on their fibrous composition and their state of conservation, the items having a higher ratio of polyester and viscose fibers being more resistant to microbial attack; likewise the presence of a biocide influences the decreased level of pollution.

It was possible to confirm the cellulolytic nature of a great number of species of filamentous fungi, as well as *Curvularia pallescens*, *Curvularia verruculosa* and *Drechslera bicolor*, known to be plurivorous; the presence of the latter, with a marked cellulolytic nature, was reported for the first time in Cuba. The cellulolytic nature of *Fusarium sp* was not evidenced by means of the technique used.

Keywords: filamentous fungus, biocide, cellulolytic fungus, plurivorous fungus, binary blend, tertiary blend, fungic capacity, Mean Degree of Polymerization, cotton fiber, viscose fiber, polyester fiber.

0.3. Résumé. COMPORTEMENT DE TISSUS TEXTILES DE DIVERSE CONSTITUTION FIBREUSE FACE A L'ACTION MICROBIENNE DANS DES CONDITIONS NATURELLES AGRESSIVES

On étudie le comportement de matériaux textiles constitués par des fibres de coton et de viscose pures et en mélanges binaires et ternaires avec des fibres de polyéthylène téréphthalate, face à l'action destructive microbienne accélérée, dans des conditions naturelles par ensevelissement. La connaissance des microorganismes fait l'objet d'études, plus particulièrement celle des champignons filamenteux, à caractère cellulolytique, ainsi que le comportement de ces matériaux préservés grâce à un agent fongicide en milieu hautement contaminé.

On arrive à la conclusion que le comportement du matériel dépend de sa constitution fibreuse et de l'état dans lequel il se trouve, se montrant plus résistants face à l'invasion microbienne ceux qui contiennent en plus grande proportion les fibres PES et CV; d'autre part, la présence du biocide

* Dr. Ermelando Cabrera Hernández, Investigador Titular, Centro de Investigaciones Textiles (CITEX). La Habana. Cuba.

** Lic. María Ofelia López, Microbióloga, ISV. Cuba.

influe sur la diminution du degré de contamination.

On peut confirmer le caractère cellulolytique d'un grand nombre d'espèces de champignons filamenteux, ainsi que de la Curvularia pallescens, Curvularia verruculosa et Drechslera bicolor, reconnus comme plurivores. Pour la première fois dans ce pays, on enregistre la présence de Drechslera bicolor, qui présente un accent cellulolytique bien marqué. Au moyen de la technique utilisée, on ne vérifie pas le caractère cellulolytique de Fusarium sp.

Mots clés: champignon filamenteux, biocida, cellulolytique, plurivore, mélange binaire, mélange ternaire, capacité fongicide, degré moyen de polymérisation, fibre de coton, fibre de viscose, fibre de polyester.

1. INTRODUCCION

Diversos estudios realizados ^{1-3,5,12,26,29,30,32-38)} han demostrado que los microorganismos, como las bacterias y los hongos filamentosos, provocan la degradación de los materiales textiles de origen celulósico y proteínico, comportándose más resistentes aquellos de origen sintético³⁹⁾.

Según señalaron autores como Betrabet y Colab.¹⁻³⁾, Desay-Pandey⁴⁾, Kempton y Colab.⁵⁾, McCarthy⁶⁾, Yeager⁷⁾, Gilman⁸⁾, Unescu⁹⁾, y otros; esta acción es particularmente acentuada en los países de clima tropical y subtropical, aplicándose los primeros tratamientos antimicrobianos en forma intensiva industrial alrededor del año 1940⁷⁾.

En nuestro país son escasos los estudios realizados en esta disciplina, no obstante poseer condiciones climáticas subtropicales¹⁰⁾; es por ello que la presente información representa una contribución al conocimiento del comportamiento de los materiales textiles de diversa constitución fibrosa ante la acción microbiana, con el objetivo fundamental de elevar la vida útil de éstos, bien por medio de la introducción de fibras sintéticas y/o mediante el empleo de biocidas.

Constituye objeto de estudio específico el comportamiento de siete combinaciones de mezclas fibrosas a base de fibra de algodón (CO), fibra de viscosa (CV) y fibra de poliéster (PES) en cuatro estados diferentes: encolada con fécula de maíz, descolada, encolada y preservada, y descolada y preservada, ante la acción microbiana en condiciones naturales por enterramiento. Como biocida se utilizó el 2,2'-hidroxi-5,5'-diclorodifenilmetano (Preventol GD).

El aislamiento de los contaminantes existentes en las muestras desenterradas se realizó mediante el empleo del método "Trampa" de Banihashemi¹²⁾, con ligera modificación.

Empleando un tejido a base de fibra de CO 100%, estéril, y las cepas de los hongos más populosos aislados, se estudió la capacidad fúngica de las colonias y la degradación de la celulosa a través de la medición del diámetro de la mancha y la

determinación del Grado Medio de Polimerización DP, de la zona afectada.

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1. Materiales, reactivos, medios de cultivo, equipos e instrumentos, y métodos empleados en la investigación

2.1.1. Materiales

2.1.1.1. Materiales textiles

En el experimento se utilizaron probetas de tejidos planos (0,70x0,20 m) con ligamento sarga 2/2, de 240 g.m⁻² de masa, empleándose para su fabricación hilo, 14,7 x 2 tex (Nm = 68/2) por ambas direcciones, con la siguiente composición fibrosa:

Muestra 1. Fibra de CO (100)%

Muestra 2. Fibra de CV (100)%

Muestra 3. Mezcla de fibras CO/CV (50/50)%

Muestra 4. Mezcla de fibras PES/CO (50/50)%

Muestra 5. Mezcla de fibras PES/CV (50/50)%

Muestra 6. Mezcla de fibras PES/CO/CV (50/20/30)%

Muestra 7. Mezcla de fibras PES/CO/CV (30/20/50)%

Para el tisaje las urdimbres fueron encoladas con una dispersión poliacrílica y un suavizante polietérico de baja masa molecular, solubles en agua.

De acuerdo a su estado, estas muestras fueron identificadas de la siguiente manera:

b-muestras que han recibido un tratamiento descolante

c-muestras descoladas y preservadas con el biocida

d-muestras encoladas con féculas de maíz

e-muestras encoladas y preservadas con el biocida.

Para los aislamientos y la determinación de la capacidad fúngica empleando las cepas aisladas, se utilizó un tejido de fibra de CO 100% de 120 g.m⁻², blanqueado, con reacción neutra, esterilizado a alta temperatura antes de su uso.

2.1.1.2. Tierra

Para el enterramiento se seleccionó un terreno en el cual se había realizado recientemente la cosecha de hojas de tabaco, con las siguientes características:

-tierra ferralítica roja compactada sobre caliza	
-contenido de materia orgánica	2,1%
-arcilla	6,4 %
-reacción (pH)	6,9

2.1.2. Reactivos y medios de cultivo

Todos los reactivos empleados en los experimentos fueron de calidad P.A., de diversas procedencias. Los medios de cultivos microbiológicos utilizados, así como los reactivos

para su preparación fueron de las firmas Oxoid, de Gran Bretaña, y Merck, de Alemania.

Como biocida fue empleado el 2,2'-hidroxi-5,5' diclorodifenilmetano, Preventol GD (Bayer); como humectante, detergente y medio alcalino, el Leonil UN (Hoechst), Hostapal CV (Hoechst) y el hidróxido de sodio, éste último de calidad técnica. Se empleó el sulfato de aluminio de calidad técnica como agente insolubilizante, y el almidón de maíz como encolante.

2.1.3. Equipos e instrumentos

- Jigger de laboratorio; tipo LNJ; modelo K-P/ Liestal; Suiza
- Rama de secar-condensar de laboratorio; tipo Kaking Testing
- Apparatus Pintenter, de la firma Daiei Kagakuseiki MFG Co., LTD; Japón.
- Exprimidor vertical de dos rodillos de laboratorio; tipo IPM-1, de la firma Tsujii Dyeing Machine MFG Co., LTD; Japón.
- Autoclave vertical; modelo BK-75; Rusia.
- Estufa; modelo Memmert 854; Alemania.
- Incubadora; marca Salvis; modelo BSK-13; Suiza.
- Microscopio de Investigación; marca Olympus; modelo HBL; Japón.
- Estereomicroscopio; marca Olympus; modelo TE-II; Japón.
- Viscosímetro Ubelhode con capilar 0.01; Alemania.
- Balanza analítica; marca Sartorius; Alemania.

2.1.4. Métodos y técnicas de análisis

2.1.4.1. Tratamientos de las muestras a enterrar

La investigación se realizó teniendo en consideración cuatro estados de las muestras a enterrar.

Del material tejido industrialmente (muestra a) se separaron cuatro porciones, las cuales fueron sometidas para su empleo a los tratamientos que se describen a continuación:

-Muestras b

Considerando que la urdimbre de este tejido fue encolada con una dispersión de poliacrilato más un suavizante polietérico, solubles en agua caliente, todas las muestras fueron desencoladas a escala de laboratorio en Jigger con una solución a base de 0.0192 mol. L⁻¹ de carbonato de sodio y 1.0 g L⁻¹ de Hostapal CV, empleándose una relación de baño de 1/5 a 100 °C, durante 30 min. Se realizaron posteriormente dos repetidos enjuagues, en caliente y frío. Se exprimieron y secaron, se guardaron en bolsas de polietileno y se sellaron éstas hasta su empleo. De esta forma fueron obtenidas las muestras b.

-Muestras c

Para la obtención de las muestras c, se procedió a impregnar una porción de las muestras

b, a escala de laboratorio, con el biocida seleccionado, empleando una concentración del 2% m/m de la muestra.

El procedimiento empleado fue el siguiente:

1ra. Impregnación

Formulación

2,2'-hidroxi-5,5'-diclorodifenilmetano	2,0	%
Hidróxido de sodio	100%	0,0375 mol.L ⁻¹

Parámetros de trabajo

Temperatura de impregnación	30,0±2	°C
Porcentaje de impregnación	80,0	%
Temperatura de secado (aire)	130,0±2	°C

2ª Impregnación

Formulación

Sulfato de Aluminio	0,076	mol.L ⁻¹
---------------------	-------	---------------------

Parámetros de trabajo

Temperatura de impregnación	30,0	°C
Temperatura de secado	130,0±2	°C
Porcentaje de impregnación	80,0	%

A continuación se lavan y enjuagan las muestras con agua caliente y fría, se exprimen y se secan a 100 °C; se introducen en bolsas de polietileno, sellándose éstas hasta su empleo.

-Muestras d

Las muestras d se obtienen mediante la impregnación de una porción de las muestras b a escala de laboratorio con la siguiente formulación y parámetros:

Formulación

Almidón de maíz	100,0	g L ⁻¹
Leonil UN	1,0	g L ⁻¹

Parámetros de trabajo

Temperatura de aplicación	30,0	°C
Temperatura de secado	130,0	°C
Porcentaje de impregnación	80,0	%

La preparación del almidón se realizó por las técnicas usuales, mediante cocción a alta temperatura, durante 30 min.

Las muestras se introducen en bolsas de polietileno y se sellan hasta su empleo.

-Muestras e

Las muestras e fueron obtenidas mediante el tratamiento a una porción de las muestras d con el indicado para las muestras c, es decir, encoladas y preservadas.

2.1.4.2. Enterramiento y desenterramiento de las muestras

Después de preparadas, las muestras fueron sacadas de las bolsas, humectadas con agua y enterradas simultáneamente, unas junto a otras, a 0,10 m de profundidad y cubiertas con la misma tierra, siguiendo un plano de enterramiento. Durante el tiempo que duró el enterramiento la zona afectada fue regada con agua diariamente para mantenerla húmeda. Transcurridos 21 días, las muestras fueron desenterradas y lavadas con agua intensamente; a continuación se exprimieron y secaron a temperatura

ambiente y se introdujeron en bolsas de polietileno, sellándose éstas hasta su empleo.

2.1.4.3. Aislamientos

Para los aislamientos se utilizó el método "Trampa" de Banihashemi¹²⁾ modificado. Se empleó como trampa un tejido de fibra de CO 100% neutro, esterilizado a alta temperatura, del que se tomaron 3 fragmentos (réplicas) de 0,05 x 0,05 m y se montaron en cámara húmeda. Sobre cada uno se colocó una porción del tejido dañado y se incubaron a 28±1 °C, durante 15 días, manteniéndose la humedad para posibilitar la invasión del sustrato por los hongos que estuvieran dañando la porción en estudio. Los aislamientos se realizaron a partir de las colonias jóvenes desarrolladas en el tejido trampa.

2.1.4.4. Identificación

Se utilizaron los medios de cultivo y condiciones recomendados en¹³⁾ hasta la identificación. Para ésta se emplearon las características y descripciones hechas por White y Downing^{14,15)}, Gilman^{8,16)}, Barron¹⁷⁾, Ellis^{18,19)}, Smith²⁰⁾, Domsch²¹⁾, Barnett²²⁾, Raper^{23,24)} y Von Arx²⁵⁾.

Se registró la coloración de las manchas que aparecen en el sustrato utilizado y se relacionó con los hongos aislados de los mismos.

2.1.4.5. Determinación de la capacidad fúngica de las cepas aisladas

Con el fin de comprobar si las especies de hongos aislados participan en la degradación de los tejidos celulósicos o con componente celulósico y a la vez determinar la velocidad con que lo hacen, se procedió a efectuar un experimento para tal fin, utilizándose para ello el método recomendado por Radford²⁶⁾.

Para ello se inocularon con parte de las cepas de hongos aisladas, fragmentos del tejido de CO 100% (previamente esterilizado a 120,0±1 °C, durante 20 minutos) en cámara húmeda, manteniéndose la humedad saturada, a temperatura de 28,0±1 °C por 21 días. Durante el experimento se verificó el desarrollo del género específico de hongo empleado en el sustrato.

Se emplearon las siguientes cepas de hongos: *Aspergillus niger*, *Curvularia verruculosa*, *Curvularia pallescens*, *Chaetomium funicola*, *Chaetomium globosum*, *Drechslera bicolor*, *Drechslera halodes*, *Fusarium sp.*, *Humicola fusco-atra*, *Humicola grisea*, *Penicillium sp.* y *Trichoderma viride*.

La capacidad fúngica fue seguida a través de la medición del diámetro de la mancha a los 7, 14 y 21 días de inoculación. Se montaron 9 réplicas por especie de hongo y se montó un testigo no inoculado.

Tres de estas réplicas se emplearon en el estudio de la variación del DP de la zona afectada según²⁷⁾ previa descontaminación a alta temperatura.

Se describió cada tipo de mancha aparecida en el tejido y los resultados obtenidos se compararon mediante el empleo de la dócima de Duncan.

2.1.4.6. Apreciación del estado de las probetas desenterradas

Para la apreciación del estado de las muestras desenterradas se estableció la siguiente clasificación:

Intacta: califica las probetas desenterradas conservadas íntegramente.

Dañada: califica las probetas desenterradas con pequeños daños (<10 mm) (huecos).

Muy dañada: califica las probetas desenterradas con grandes daños (>10 mm) y numerosos huecos y rasgaduras.

Destruída: califica las probetas desenterradas con grandes rasgaduras y pérdidas de tejido (> del 50% de la superficie).

3. RESULTADOS OBTENIDOS. DISCUSION

En la tabla 1 se describe el estado de las muestras desenterradas a los 21 días de enterramiento y en la 2 se informa sobre el resultado de los aislamientos por tipo de tratamiento.

TABLA 1
 Resultado de la apreciación visual del estado de las muestras desenterradas

Nº de orden	Muestra	Calificación
1	b1	Destruída
2	b2	Muy dañada
3	b3	Dañada
4	b4	Dañada
5	b5	Intacta
6	b6	Dañada
7	b7	Intacta
8	c1	Muy dañada
9	c2	Dañada
10	c3	Dañada
11	c4	Dañada
12	c5	Intacta
13	c6	Intacta
14	c7	Intacta
15	d1	Destruída
16	d2	Destruída
17	d3	Muy Dañada
18	d4	Dañada
19	d5	Dañada
20	d6	Intacta
21	d7	Intacta
22	e1	Muy dañada
23	e2	Dañada
24	e3	Dañada
25	e4	Dañada
26	e5	Muy dañada
27	e6	Intacta
28	e7	Intacta

Como se observa en la Tabla 1 las probetas de fibras de CO 100 % y CV 100 % son las más deterioradas, particularmente las de fibra de CO 100%. Se aprecia que a medida que interviene la fibra de PES es menor la afectación, lo que corrobora lo postulado por³⁹⁾, pero no se corresponde con conclusiones anteriormente realizadas por otros

investigadores⁴⁾. Este resultado puede estar influenciado por las condiciones del experimento y los acompañantes naturales de la fibra de algodón, los cuales en la primera etapa de la contaminación resultan ser nutrientes más fáciles de metabolizar que la celulosa, continuando la hidrólisis de ésta una vez consumidas dichas impurezas.

TABLA 2
Aislamientos y proporción por tipo de tratamiento.

No. Microorganismo	AISLAMIENTOS								TOTAL (%)
	b		c		d		e		
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	
1 <i>Aspergillus niger</i>	8	15,1	2	4,4	7	14,3	3	6,4	10,4
2 <i>Aspergillus sp</i>	14	26,3	7	15,6	11	22,4	13	27,6	23,3
3 <i>Aspergillus (esclerocios)</i>	2	3,8	-	-	-	-	1	2,2	1,5
4 Bacterias	1	1,9	1	2,2	1	2,0	1	2,2	2,1
5 <i>Cladosporium cladosporioides</i>	1	1,9	1	2,2	-	-	-	-	1,0
6 <i>Curvularia brachyspora</i>	1	1,9	-	-	-	-	-	-	0,5
7 <i>Curvularia pallescens</i>	1	1,9	2	4,4	-	-	-	-	1,5
8 <i>Curvularia verruculosa</i>	-	-	4	2,2	-	-	-	-	0,5
9 <i>Chaetomium globosum</i>	3	5,7	7	15,6	-	-	-	-	5,2
10 <i>Chaetomium funícola</i>	1	1,9	1	2,2	-	-	-	-	1,0
11 Colonias sin esporular	8	15,1	11	24,5	6	12,3	9	19,1	17,5
12 <i>Drechslera halodes</i>	1	1,9	-	-	1	2,0	1	2,2	1,5
13 <i>Drechslera bicolor</i>	1	1,9	-	-	2	4,1	-	-	1,5
14 <i>Fusarium sp</i>	-	-	1	2,2	3	6,2	-	-	2,1
15 <i>Humícola grisea</i>	1	1,9	-	-	2	4,1	-	-	1,5
16 <i>Humícola fusco-atra</i>	4	7,5	3	6,7	4	8,2	4	8,4	7,7
17 Levaduras	-	-	1	2,2	1	2,0	1	2,2	1,5
18 Mucoral	-	-	1	2,2	1	2,0	-	-	1,0
19 <i>Penicillium sp</i>	4	7,5	6	13,4	10	20,4	10	21,3	15,6
20 <i>Trichoderma viride</i>	1	1,9	-	-	-	-	4	8,4	2,6
21 <i>Trichoderma sp</i>	1	1,9	-	-	-	-	-	-	0,5
TOTAL	53	100	45	100	49	100	47	100	100

En la Tabla 2 se puede observar que las muestras con el tratamiento b (desencoladas) son las que más se contaminaron (27,3%) y las del tratamiento c (desencoladas/preservadas) las menos (23,2%), ocupando las del tratamiento d y las del e, lugares intermedios con el 25,3 y el 24,2%, respectivamente. Asimismo, se puede apreciar que los microorganismos más contaminantes resultan ser los hongos filamentosos, particularmente: *Aspergillus* 34,7%, *Penicillium* 15,6%, *Humícola* 9,2% y *Chaetomium* 6,2%. Se observa un crecido número de colonias sin esporular, posiblemente debido a la intensa invasión de las muestras por los más desarrollados.

En la Tabla 3 se registran los microorganismos contaminantes por composición fibrosa de la muestra y tratamiento, y en la Tabla 4 se informa sobre el resultado de la determinación

de la capacidad fúngica.

En la Tabla 5 se señalan las características de las colonias desarrolladas, por especie de hongo, a los 21 días de inoculación y en la Tabla 6 se registran los valores de la variación del DP durante el experimento (media de tres réplicas).

En la Tabla 3 se puede apreciar que no todos los microorganismos aislados contaminan en igual magnitud las muestras enterradas; particularmente, con respecto a los tratamientos. Las especies de hongos más contaminantes resultan ser: *Aspergillus niger*, *Aspergillus sp*, *Penicillium sp*, y *Humícola fusco-atra* y las muestras más atacadas las b (desencoladas) y d (encoladas). Se observa también un gran número de colonias sin esporular, prácticamente sobre todos los tipos y estados de las muestras, lo que puede estar dado como se ha dicho anteriormente, por la fuerte competencia de

crecimiento por parte de aquellas desarrolladas.

TABLA 3

Microorganismos aislados de las muestras sometidas a enterramiento por tipo de composición fibrosa y tratamiento.

Nº Microorganismo	Tipo y estado de la muestra
1. <i>Aspergillus niger</i>	b1; b2; b3; b5; b6; b7; c2; c4; d2; d3; d4; d6; d7; e1; e3; e7.
2. <i>Aspergillus sp</i>	b1; b2; b3; b4; b5; b6; c1; c2; c3; c4; c6; c7; d1; d2; d3; d4; d5; d6; e1; e2; e3; e4; e5; e6; e7.
3. Bacterias	b4; c1; d3; e4.
4. Colonias sin esporular	b1; b3; b4; b6; c1; c2; c3; c4; c5; c6; c7; d1; d3; d4; d5; d7; e1; e2; e3; e4; e5; e6; e7.
5. <i>Curvularia brachyspora</i>	b2.
6. <i>Curvularia pallescens</i>	b6; c1; c3.
7. <i>Curvularia verruculosa</i>	c4.
8. <i>Cladosporium cladosporioides</i>	b3; c4.
9. <i>Chaetomium funicola</i>	b1; c1; c3; c4; c5.
10. <i>Chaetomium globosum</i>	b1; c1; c3; c4; c5.
11. <i>Drechslera bicolor</i>	b1; c1; c3.
12. <i>Drechslera halodes</i>	b2; d4; e3.
13. <i>Fusarium sp</i>	c1; d3; d5; d7.
14. Levaduras	b7; d1; c1; c4; e3.
15. <i>Humicola fusco-atra</i>	b2; b3; b4; b7; c1; c2; c5; d1; d3; d4; d5; e1; e3; e4; e5.
16. <i>Humicola grisea</i>	b1; d2; d6.
17. <i>Mucoral</i>	c4; d6.
18. <i>Penicillium sp</i>	b1; b5; b6; c1; c2; c3; c4; c5; c7; d1; d3; d4; d5; d6; d7; e1; e2; e4; e5; e6; e7.
19. <i>Trichoderma sp</i>	b1.
20. <i>Trichoderma viride</i>	b7; e1; e2; e3; e6.

TABLA 4

Crecimiento de la mancha de las colonias de hongos filamentosos, inoculados sobre sustrato estéril de fibra de CO 100%.

No. especie inoculada	Crecimiento de la mancha (10 ⁻³ m) días		
	7	14	21
1 <i>Aspergillus niger</i>	12,5 a,b,c,	10,3 a,b	15,6 c,d
2 <i>Curvularia verruculosa</i>	11,8 c,b,c,	14,5 a	17,5 d,e
3 <i>Curvularia pallescens</i>	14,5 a,b	14,8 a	14,6 c,d
4 <i>Chaetomium funicola</i>	8,8 a,b,c	23,1 a	29,1 b
5 <i>Chaetomium globosum</i>	5,6 b,c	11,6 a,b	19,8 b,c
6 <i>Drechslera bicolor</i>	11,3 a,b,c	15,0 a	13,6 c,d
7 <i>Drechslera halodes</i>	18,0 a	23,5 a	27,8 b
8 <i>Fusarium sp</i>	0,0 d	0,0 b	0,0 e
9 <i>Humicola fusco-atra</i>	8,6 b,a	10,6 a,b	5,0 d,e
10 <i>Humicola grisea</i>	12,0 a,b,c	13,6 a,b	14,6 c,d
11 <i>Penicillium sp</i>	13,6 a,b	23,8 a	44,6 a
12 <i>Trichoderma viride</i>	6,3 b,c	16,3 a	28,1 b

Nota: Las medias con letras diferentes difieren significativamente para P=0,05 (según dócima de Duncan)

De los géneros de hongos filamentosos aislados, el género *Aspergillus* es el más numeroso, referido como celulolítico por autores como Betrabet y colab.¹⁾, Radford²³⁾, Smith²⁵⁾, Wallhauser-Fisher²⁹⁾ y en amplio estudio bibliográfico, Desai-Pandey⁴⁾.

El segundo grupo con preponderancia lo constituye el género *Penicillium*, del cual Rieder reportó cuatro especies como celulolíticas y Desi-Pandey⁴⁾ dan a conocer seis. En sus trabajos, Raschle³⁰⁾ reporta al *Penicillium furniculosum* como altamente celulolítico.

Coincidiendo con White y colab.^{14,15)} y Domsch²¹⁾, en los aislamientos realizados se registró la presencia de *Humicola fusco-atra*, *Humicola grisea*, *Chaetomium globosum*, *Chaetomium sp.*, *Trichoderma viride* y *Trichoderma sp.*, presentes en varias de las muestras y tratamientos, conocidos como altamente celulolíticos⁴⁾.

Se aisló la presencia de *Curvularia brachyspora*, *Curvularia pallescens* y *Curvularia verruculosa*, estas dos últimas especies no registradas en la literatura como celulolíticas, así como, *Cladosporium cladosporioides* y *Drechslera halodes*, consideradas como plurívoras por Ellis¹⁸⁾. Se aisló por primera vez en el país *Drechslera bicolor*.

Debido a los aislamientos se registraron muchos otros microorganismos como: *Fusarium sp.*, *Mucoral*, bacterias y levaduras, que según Betrabet¹⁾ y Haen³¹⁾, en determinadas condiciones de humedad y temperatura, pueden dañar la celulosa, desempeñando un papel importante en la microfibrilla existente en el terreno y por ende en las muestras enterradas.

Tal como reportan Gilman¹⁶⁾, Barron¹⁷⁾ y Domsch²¹⁾ se aislaron muchos hongos filamentosos de los géneros *Aspergillus*, *Penicillium*, *Humicola*, *Chaetomium*, *Trichoderma*, y otros, que habitan

generalmente en el suelo. El hecho de que las muestras hayan sido enterradas en condiciones naturales, indudablemente favorece la aparición en estos hongos que son capaces de vivir a expensas de la celulosa, sin que sean realmente los principales degradantes en otras condiciones.

Sobre la base de los resultados anteriores se puede establecer la siguiente secuencia en orden decreciente de la resistencia a la contaminación, en las condiciones estudiadas:

b. Muestras descoladas.

PES/CO/CV (30/20/50) % = PES/CV (50/50) % = PES/CO (50/50) % > PES/CO/CV (50/20/30) % = CV (100) % > CO/CV (50/50) % > CO (100)%

La muestra a base de fibra de CO 100% contiene la mayoría de los microorganismos registrados, particularmente a hongos filamentosos, siendo las más resistentes a la contaminación las muestras que contienen en la mezcla el componente poliestérico.

c. Muestras descoladas y preservadas.

PES/CO/CV(50/20/30)% > PES/CO/CV(30/20/50)% > PES/CV (50/50)% > CV (100)% > CO/CV(50/50)% > PES/CO (50/50)% > CO (100)%.

En esta secuencia también resultan más resistentes a la contaminación las muestras que poseen en su composición fibras de PES, salvo en el caso de la muestra PES/CO (50/50) %, que ocupa el penúltimo lugar, situándose la muestra a base de fibra de CO 100% en el último lugar.

d. Muestras encoladas sin preservar

CV (100) % > PES/CO/CV (30/20/50) % > PES/CO/CV (50/20/30) % = PES/CV (50/50) % = CO (100) % > PES/CO (50/50) % > CO/CV (50/50)%

Esta secuencia se distingue por caracterizar como las muestras más resistentes a la contaminación las constituidas por fibras de CV 100% y las ternarias, siendo más contaminadas las que poseen fibras de CO, particularmente la mezcla CO/CV (50/50) %.

e. Muestras encoladas y preservadas.

PES/CO/CV (50/20/30)% = PES/CO/CV (30/20/50)% = PES/CV (50/50)% = CV (100) % > PES/CO (50/50) % > CO/CV (50/50) > CO(100)%

Predominan en resistencia a la invasión, como en las dos primeras secuencias, las mezclas que poseen fibras de PES, siendo más atacadas aquellas que poseen fibras de CO.

Se puede apreciar que las muestras descoladas/preservadas y encoladas/preservadas, son las que poseen menor contaminación en las condiciones del experimento, lo que permite postular la influencia positiva del biocida empleado. Contrario a lo que cabría esperar, las muestras descoladas muestran haber sido invadidas por un mayor número de microorganismos, colocándose en segundo lugar en cuanto a la contaminación las muestras encoladas, seguidas de las encoladas/preservadas y en último lugar las descoladas/preservadas.

Estos resultados, aunque no permiten seleccionar la mejor muestra, si posibilitan indicar que las más resistentes a la contaminación fueron las muestras que poseen en su constitución fibrosa, fibras de PES, particularmente la mezcla PES/CV y las ternarias.

Según se puede apreciar en la Tabla 4, al final de la primera semana de incubación no se registraron diferencias significativas entre las capacidades de crecimiento de las cepas sobre el sustrato celulósico estéril. Al final de la segunda semana, a excepción de Fusarium sp., que no fue capaz de atacar la celulosa, el resto no mostró tampoco diferencias notables.

Al final de la tercera semana de incubación, se destacó Penicillium sp como el más agresivo, siguiéndole en orden de agresividad: Chaetomium funicola, Trichoderma viride, y Drechslera halodes, todos registrados como celulolíticos. Se comprueba la acción celulolítica de dos especies no registradas anteriormente como tales: Curvularia pallescens y Curvularia verruculosa, así como Drechslera bicolor. No se constata, en las condiciones estudiadas, la actividad celulolítica de Fusarium sp.

El aspecto que dejan las manchas que aparecen en el sustrato celulósico empleado en el estudio, reflejado en la Tabla 5, corresponde en la mayoría de los casos con el registrado durante los aislamientos.

Estos resultados concuerdan en general, con los reportados por Betrabet y colab.¹⁻³⁾, Radford²⁶⁾, Raschle³⁰⁾, Ellis^{18,19)} y otros investigadores.

El hecho de que el género Aspergillus mostrara su capacidad fúngica moderada puede deberse, tal como señalan algunos autores³⁶⁾, a un estado más puro del sustrato.

Teniendo en cuenta este resultado a las tres semanas puede establecerse el siguiente orden de agresividad decreciente: Penicillium sp > Chaetomium funicola > Trichoderma viride > Drechslera halodes > Chaetomium globosum > Curvularia verruculosa > Aspergillus niger > Curvularia pallescens = Humicola grisea > Drechslera bicolor > Humicola fusco-atra.

Como se puede apreciar en la Tabla 6, los valores del DP disminuyen desde la primera semana de incubación, un 39,5%, en el caso de la mayor pérdida y un 5,5%, en la mayor retención del valor inicial. Al culminar la incubación en la tercera semana, la mayor pérdida alcanza el valor del 49,5% y la menor el 29,4%, es decir, el sustrato ante el ataque de Humicola fusco-atra, pierde al final de la tercera semana el 50% del valor del DP, lo que implica su práctica destrucción.

Todas las contaminaciones provocan la virtual degradación del sustrato de forma rápida al final de la primera semana, posteriormente prosigue aunque de forma más lenta, continuando durante la tercera semana, donde se alcanzan valores que indican un material prácticamente inservible.

A la tercera semana se puede establecer, en función del DP, el siguiente orden de agresividad decreciente:

Humicola fusco-atra > Chaetomium funicola > Trichoderma viride > Drechslera bicolor > Humicola grisea > Chaetomium globosum > Curvularia pallescens > Aspergillus niger > Curvularia verruculosa = Penicillium sp.

Como podrá apreciarse, si se comparan las dos secuencias esquematizadas, no se puede establecer una adecuada correspondencia entre ellas, lo que se puede deber a un número insuficiente de réplicas para la realización del DP o debido a que algunos de los hongos inoculados resultan ser mucho más eficientes, reproduciéndose sus esporas con menor contenido de nutrientes.

TABLA 5
Características de las colonias

Nº	Especie de Hongo	Forma de la Colonia	Aspectos de la Mancha
1	<i>Aspergillus niger</i>	Redondeada	Gris oscuro a negro con bordes claros
2	<i>Curvularia verruculosa</i>	Irregular	Verde oscuro
3	<i>Curvularia pallescens</i>	Ligeramente redondeada a irregular	Gris claro o pardo con borde más claro
4	<i>Chaetomium funicola</i>	Irregular con bordes ligeramente lisos	Anaranjado claro
5	<i>Chaetomium globosum</i>	Irregular con bordes no lisos	Amarillo verdoso
6	<i>Drechslera bicolor</i>	Irregular, crecimiento ralo, bordes ondulados	Pardo verdoso claro
7	<i>Drechslera halodes</i>	Irregular, crecimiento abultado	Verdoso oscuro
8	<i>Humicola fusco-atra</i>	Redondeada con bordes ligeramente irregulares	Gris parduzco con bordes más claros
9	<i>Humicola grisea</i>	Redondeada a irregular en capas con bordes irregulares	Gris claro con bordes pardo-oscuros
10	<i>Penicillium sp</i>	Irregular con formación de esclerosios	Rojo violáceo
11	<i>Trichoderma viride</i>	Irregular, crecimiento ralo	Blanco a verdoso con bordes claros

TABLA 6
Resultado de la determinación del DP de la fibra de CO 100%

No.	Especie de Hongo	Duración del experimento		
		días		
		7	14	21
1	<i>Aspergillus niger</i>	1305	1300	1295
2	<i>Curvularia verruculosa</i>	1563	1455	1300
3	<i>Curvularia pallescens</i>	1418	1411	1266
4	<i>Chaetomium funicola</i>	1249	1226	1088
5	<i>Chaetomium globosum</i>	1536	1316	1249
6	<i>Drechslera bicolor</i>	1383	1135	1181
7	<i>Drechslera halodes</i>	1494	1487	1430
8	<i>Fusarium sp</i>	----	----	----
9	<i>Humicola fusco-atra</i>	1221	1161	1024
10	<i>Humicola grisea</i>	1415	1311	1221
11	<i>Penicillium sp</i>	1444	1411	1300
12	<i>Trichoderma viride</i>	1361	1361	1180
13	Patrón estéril	2026		

4. CONCLUSIONES

- La resistencia de los tejidos a base de fibras de CO 100%, CV 100%, las mezclas binarias de éstas, y de las mezclas binarias y ternarias con fibras de PES, a la contaminación microbiana, particularmente por hongos filamentosos en condiciones naturales de enterramiento, depende del tipo de mezcla y de las condiciones en que se encuentra.

- Los tejidos a base de fibra de CO 100% y la mayor parte de sus mezclas son más fácilmente contaminados que los que poseen fibras de CV. El componente poliésterico influye positivamente en la resistencia de la contaminación.

- Los hongos más populosos en los aislamientos resultaron ser los géneros: Aspergillus (33,7%), Penicillium (15,6%), Humicola (9,2%) y Chaetomium (6,2%).

- Se demostró la actividad celulolítica de: Curvularia pallescens, Curvularia verruculosa y Drechslera bicolor, informadas como plurívoros.

- Se registró por primera vez en el país Drechslera bicolor con marcado carácter celulolítico.

- El hongo más agresivo en la determinación de la capacidad fúngica resultó ser Penicillium sp. No se demuestra el carácter celulolítico de Fusarium sp.

- El biocida empleado, aunque no significativamente, eleva la resistencia a la contaminación en las condiciones experimentadas.

5. BIBLIOGRAFIA

1. Betrabet, J.M.; Dasani, U.P.; Bhatt, I.G. Studies on Cellulolytic Microorganism. Part.I. Microflora Associated with Degradation of Cotton in Storage in Bombay. T.R.S., **33**, 12; 1189-1197 (1968).
2. Betrabet, J.M. Cellulolysis of Cotton Fibre in Indian Environment and Cellulosa Enzymes. Journal of Scientific and Ind. Research, **35**, 3, 152-163 (1976).
3. Betrabet, S.M. Investigation of the Microbial Decomposition of Cellulose with Special Reference to the Effect of Indian Bacterial Organisms on Cotton and Cotton Fabric to Improvement of Cotton Products. Final Report Covering the Inhole Period of the Grant; Bombay, India, (January 1963).
4. Desai, A.J.; Pandey, S.N. Microbial Degradation of Cellulosic Textiles. Journal of Scientific and Ind. Research, **30**, 11; 598-605 (1971).
5. Kempton, A.G.; Maisel, H.; Kaplan, A.M. A Study of the Deterioration of Fungicide Treated Fabrics in Soil Burial. T.R.S., **33**, 2, 87-93 (1963).
6. McCarthy, B.J. Textile Spoilage. Aspects of Textiles Biodeterioration. Text. Inst. and Industry, **19**, 5, 152-153 (1981).

7. Yeager. C.Ch. Fungicides in Textiles as Salespromotion Tools. A.D.R. August 31, 591-593 (1953).
8. Gilman, J.C. Manual de Hongos del Suelo. Cria Editorial Continental, S.A., (1963).
9. UNESCO. The Conservation of Cultural Property. Museums and Monuments XI, (1979).
10. Atlas de Cuba. Colectivo de Autores. Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía. La Habana (1978).
11. Bayer A.G. Empleo del Preventol. G.D. Recomendaciones de Empleo. Prospecto. Alemania.
12. Banihashemi, B.A. New Technique for Isolation of Phytophthora an Pythium Especies from Soil. Plant Dis Rep., **19**, 54, 261-262 (1970).
13. DIN 53901/81. Norma para Métodos de Pruebas sobre evaluación de productos antimicrobianos.
14. White, W.L.; Downing, M.N. Humicola grisea, a soil inhabiting cellulolytic Hiphomycete. Mycologia, **45**, 951-963 (1953).
15. White, W.L., Downing, M.N. Coscopora agrícola, its specific status, relationship on cellulolytic activity. Mycologia; **43**, 645-647 (1951).
16. Gilman, J.C.; A Manual of Soil Fungi. Second Edition. The Iowa State Univ. Press. USA, p. 450 (1957).
17. Barron, G.L. The Genera of Hyphomycetes from Soil. Third Edition. Kragger Publish Col., USA, p. 363 (1977).
18. Ellis, M.B. Dematiaceous Hypomycetes Key. Surrey England, p. 608, (1971).
19. Ellis, M.B. More Dematiaceous Hypomycetes Key. Surrey England, p. 507, (1976).
20. Smith, H.K. Clave de los Géneros de Chaetomiaceae, Rev. del Museo Argentino de Ciencias naturales; Tomo III; No. 4 (1972).
21. Domsch, K.H. Compendium of Soil Fungi. V. 1; p. 146-148; Academic Press.
22. Barnett H.L.; Hunter, B.B. Illustrated Genera of Imperfect Fungi. McMillan Publishing Comp. NY. (1987).
23. Raper, K.B., Thom, Ch; Fennell, I.D. The Penicillia. Ed the Williams and Comp. Baltimore; U.S.A. (1949).
24. Raper, K.B.; Fennell, I.D. The Genus Aspergillus. Ed. The Williams and Wilkins Comp. Baltimore. USA. (1951).
25. Von Arx, I.A.; The genera of Fungi sporulating in pure culture. Verlag V.J. Craner Alem. (1970).
26. Radford, P.J. Application and Evaluation of Antimicrobial Finishers. A.D.R.; **62**, 11, 48-52 (1953).
27. NC 40-35; 79. Materiales textiles celulósicos. Determinación del Grado Medio de Polimerización por el método de Cuoxan.
28. Smith, G; Introducción a la Microbiología Industrial. Ed. Acrihs. Zaragoza. España (1963).

29. Wallhauser, K.H.; Fisher, K. Die antimikrobielle Ausrüstung von Textilien. *Textilveredlung*, **1**, 3-14 (1970).
30. Raschle, P. Gebrauchswerstergewinnung natives Zellulosa fasern durch Lichts vare verrutung und wetterschutz. *Textilveredlung*, **1**, 5 (1981).
31. Haen, R; Mergal, S. Información Técnica. Ministerio Helvático de Salud Pública. Berna. Suiza, **3** (1974).
32. Argawall, P.W., Puvanthigal, J.M. Microbiological Determination of Woolen Materials. *TRJ*, **V. 29**; **1**, 28-42 (1969).
33. Auburn University. The effectiveness and Cleanability of Antimicrobial Finishes. *Text. Chem. and Col.*, **19**, **4**, 37-47 (1897).
34. Capraru, R.; Calinescu, E. Tratarea antimicrobiana a tesaturilor tip bumbac. *Ind. Usoara*; **V. 29**; **No. 7**; p. 279-282 (1978).
35. Connen, R.J. y colab. Alkali Salt-Free Zirchrome process for Improved Fungicidal Chrome Mineral Dyeings. *A.D.R.*, **61**, **7**, 57-62 (1972).
36. Selby, K. The Biodegradation of Cotton Textiles and its Prevention. *Shirley Inst.*, p. 205-207 (1967).
37. Guerra, G. y Colab. Asilamiento y caracterización de hongos filamentosos celulolíticos. *Ciencias Biológicas*, **15**, **1** (1987).
38. Kazakgarichyute, G.A.; Korchagin; M.B. Antimicrobial Finishing of Cellulosic. *TsNIIElegprom; Mosk, Teksti; Inst-m* (1983).
39. Vaclaf, F. Chemická technologie textilní. *Konečná Uprava Textilí. Praha*, p. 340-346 (1961).

Trabajo recibido en: 1994.11.10.

Aceptado en: 1995.03.27.