

## COMPARACIÓN DE MÉTODOS DE IMPREGNACIÓN PARA LA PRODUCCIÓN DE TELAS ANTIMICROBIANAS

K.Igal\*, N. Bellotti, P. Vázquez

(1) Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnología de Pinturas (CIDEPINT), CONICET, CICIPBA, UNLP,  
Calle 52 e/121 y 122 La Plata, Buenos Aires, Argentina.

(2) Centro de Investigación y Desarrollo en Ciencias Aplicadas “Dr. Jorge J. Ronco” (CINDECA), CONICET,  
CICIPBA, UNLP, Calle 47 N° 257 La Plata, Buenos Aires, Argentina.

\*k.igal@cidepint.ing.unlp.edu.ar

Palabras claves: TELAS ANTIMICROBIANAS, SÍLICE, SOL-GEL, PAD-DRY-CURE, NITRATO DE PLATA

### RESUMEN

El desarrollo de textiles antimicrobianos ha sido una de las áreas de investigación más activas e importantes en los últimos años con el descubrimiento y aplicación de nuevos agentes antimicrobianos, tratamientos químicos y nanotecnologías. En este trabajo se realizó la impregnación de telas con una sal de nitrato de Ag y Carbón reciclado soportado en sílice a partir de dos métodos: pad-dry-cure y sol-gel. Además, se evaluó la actividad antimicrobiana de las telas estudiadas. Se pudo concluir que el método de impregnación sol-gel permite obtener telas antimicrobianas con una mejor actividad antimicrobiana, ya que la misma permaneció intacta luego de 20 ciclos de lavado.

### Introducción

Desde la década del '90, se han implementado métodos para funcionalizar textiles, pero luego de los sucesos recientes de la pandemia causada por el virus SARS-CoV-2, se ha hecho hincapié en los textiles antimicrobianos, ya que la tela es un material propicio para el crecimiento microbiológico. Para ello se han utilizado diferentes compuestos como nanopartículas de Ag, Cu, ZnO, TiO<sub>2</sub> y distintos métodos de impregnación de las telas para finalmente enfrentarlas a distintos microorganismos como *Aspergillus niger*, *Escherichia coli*, *Acinetobacter baumannii* y *Pseudomonas aeruginosa* [1, 2, 3]. Como objetivo de este trabajo se buscó comparar textiles antimicrobianos usando el método pad-dry-cure y el método sol-gel; y como biocida nanopartículas de Ag y Carbón, extraído de pilas en desuso.

## Experimental

### *Impregnación de telas*

El método pad-dry-cure consiste en sumergir la tela de algodón (tamaño 4cm x 4cm), en una solución etanólica de la sílice (SCAg), previamente sintetizada con 4% de Ag y 10% de Carbón, con un reactivo aglutinante orgánico-inorgánico [4]. Se realizó la inmersión total a 20°C durante 10 min. Luego, se secó a 40°C durante 2 h y, finalmente, se curó durante 1 h a 140°C y se rotularon como SCAG-p. Por otro lado, el método sol-gel consistió en colocar una porción del solvente Etanol (30 ml), en un vaso de precipitado bajo atmósfera de N<sub>2</sub>. A continuación se adiciono el catalizador, ácido acético (10 ml), TEOS (34 ml) y el resto del solvente (13,5 ml). Por último, bajo campana de gases con atmosfera controlada, se adicionaron 10 ml de H<sub>2</sub>O destilada. Luego, se agrega el Carbón, extraído de pilas en desuso, y 4% nitrato de Ag mientras se agita, se sumergen las telas (4 cm x 4 cm), durante 1 min. Se sacan, se dejan secar durante una semana y se rotularon como SCAG-s. En ambos casos para evaluar la durabilidad de la adhesión de los aditivos al tejido se realizaron hasta 20 ciclos de lavado.

### *Evaluación de la actividad antifúngica de las telas*

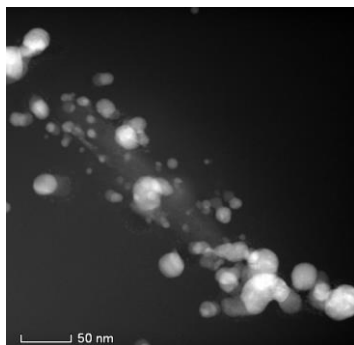
La actividad antifúngica de las telas fue evaluada utilizando las cepas: *Aspergillus niger* y *Chaetomium globosum* (KU936228), pertenecientes al cepario del grupo de Recubrimientos Antimicrobianos del CIDEPINT, de acuerdo con el método estándar modificado DIN 53931390 [4]. Se inocularon placas con medio agarizado mediante espátula de Drigalsky y se incubaron a 28°C durante 24 h. Posteriormente, las telas impregnadas se dispusieron en las placas e incubaron a 28°C durante 14 días. El ensayo se realizó por triplicado sumando un ensayo control (tela sin impregnar). El grado de crecimiento fúngico se calificó de la siguiente forma: 00 (sin crecimiento); 0 (crecimiento marginal); 1 (crecimiento sobre y debajo del borde); 2 (crecimiento menor al 25%); 3 (crecimiento entre 25-75%); 4 (crecimiento mayor al 75%); 5 (100% de crecimiento). La intensidad de la esporulación se evaluó utilizando los siguientes símbolos: (-) inhibido; (+) micelio débil; (++) crecimiento notable de micelio; (+++) fuerte crecimiento de micelio con esporas.

### *Evaluación de la actividad antibacteriana de las telas*

Para estudiar la eficacia antibacteriana de las telas impregnadas se realizó el método de difusión a base de agar (SN 195920-1992) frente a las cepas bacterianas *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538) y *Escherichia coli* (ATCC 11229). Se prepararon placas con 15 ml del medio de cultivo agarizado y con el inóculo previamente preparado este se esparció por toda la placa con hisopos estériles y se agregaron las telas tratadas y sin tratar. Las placas se incubaron durante 24 h a 37°C.

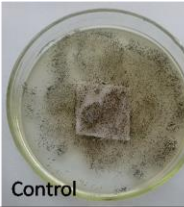

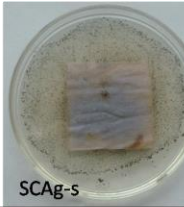
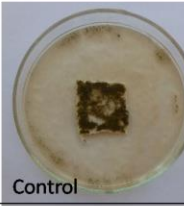
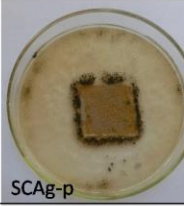
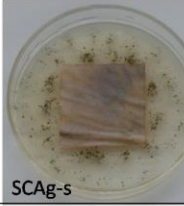
## Resultados y discusión

La sílice utilizada en el método pad-dry-cure fue previamente caracterizada mediante diferentes técnicas [4], una de ellas fue microscopía electrónica de transmisión (STEM, Figura 1),



observándose partículas de Ag de tamaño nanométrico dispersas sobre la sílice. En la Figura 2 se muestran los resultados obtenidos de la evaluación de la actividad antifúngica de las telas. Se puede observar que la tela control (sin biocida) frente a *C. globosum* tiene un gran crecimiento con un 100% de cobertura mientras que las telas tratadas inhibieron el crecimiento resultando más eficiente el tratamiento con el método sol-gel (sin crecimiento) con respecto a las telas del método pad-dry-cure con esporulación en bordes.

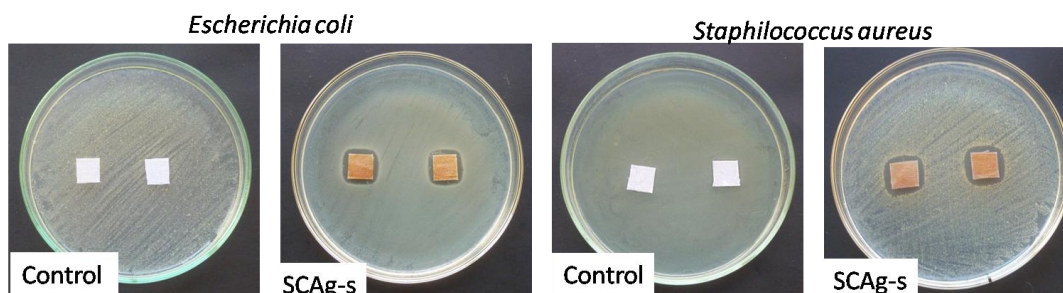
**Figura 1:** Imágenes de STEM de la muestra SCAg.

	Control	SCAg-p	SCAg-s
<i>Aspergillus niger</i>			
Crecimiento/ Intensidad de esporulación	5 ++	2 +	2 +
<i>Chaetomium globosum</i>			
Crecimiento/ Intensidad de esporulación	5 +++	2 ++	0 +

**Figura 2:** Registro fotográfico de la actividad antifúngica de telas impregnadas a partir de ambos métodos.

Con respecto a la cepa *A. niger* las muestras control también presentaron 100% de crecimiento. Se observó un alto grado de inhibición en las telas tratadas, al igual que en el otro caso (Figura 2). Pero se destaca el método sol-gel presentando 0 (crecimiento marginal) para *C. globosum* y 2 (crecimiento menor al 25%) para *A. niger*. Teniendo en cuenta los resultados del ensayo antifúngico y observando desprendimiento del recubrimiento en las telas impregnadas con el método pad-dry-cure se realizó la evaluación de la actividad antibacteriana sólo con las telas tratadas con el método sol-gel. Como puede observarse en la Figura 3, las muestras control no

presentaron actividad, mientras que, las tratadas resultaron activas frente a ambas cepas bacterianas evidenciado en los halos de inhibición. Las telas se mostraron eficaces al mantener la bioactividad luego de 20 ciclos de lavados.



**Figura 3:** Registro fotográfico del ensayo de la actividad antibacterianas de telas impregnadas por el método sol-gel

### Conclusiones

Se puede concluir que se pudieron obtener telas antimicrobianas a partir de los métodos pad-dry-cure y sol-gel, usando las muestras sintetizadas en base sílice con Ag y el Carbón extraído de pilas en desuso. El método con mejores resultados fue el de sol-gel, dado que logró una mayor actividad antifúngica y antibacteriana de las telas tratadas, teniendo un alto grado de persistencia de los aditivos después de los ciclos de lavado.

### Agradecimientos

Los autores agradecen a YTEC por las imágenes de TEM. A CONICET y UNLP por la financiación para la investigación.

### Referencias

- [1] Sze-Mun Lam , Chew-Lin Lim, Jin-Chung Sin, Honghu Zeng, Hua Lin, Haixiang Li; Mater Let 305 (2021) 130818
- [2] M. Khatami,, R. S. Varma, N. Zafarnia, H. Yaghoobi, M. Sarani, V. G. Kumar; Sustainable Chem Pharm 10 (2018) 9–15.
- [3] H. Görgülüer, B. Çakıroğlu, M. Özacar; J. Coat. Technol. Res. 18 (2021), 569–579.
- [4] K. Igal, R. Arreche, J. Sambeth, N. Bellotti, J. Vega-Baudrit, C. Redondo-Gómez, P. Vázquez; Textile Research Journal, (2018), 1- 9.