

# PREPARACIÓN DE MEMBRANAS FIBROSAS DE POLI3-OCTIL TIOFENO

**Layza Arizmendi-Galaviz<sup>1</sup>; Rodolfo Cruz-Silva<sup>\*2</sup>; Jorge Romero-García<sup>1</sup>;**  
**Eduardo Arias-Marín<sup>1</sup>; Ivanna Moggio<sup>1</sup>. Antonio Ledezma-Perez <sup>1</sup>.**

*1. Departamento de Materiales Avanzados, Centro de Investigación en Química Aplicada, Saltillo, Coahuila, México.*

*2. Laboratorio de Polímeros, Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Cuernavaca, Morelos, México.*

*Autor de correspondencia: [rcruzsilva@uaem.mx](mailto:rcruzsilva@uaem.mx).*

## Resumen

Con la técnica de electrohilado, es posible obtener fibras sintéticas a partir de polímeros en solución. Se aplica una corriente positiva a la solución polimérica y una corriente negativa a un colector, con el aumento en el voltaje, se supera a la tensión superficial y se expulsa un “hilo” depositándose en el colector. De esta manera, fibras continuas forman una membrana fibrosa.

El electrohilado produce fibras en un rango que va del nanométrico al micrométrico. Las fibras proveen una gran área superficial debido a su pequeño diámetro, por este motivo, son interesantes comercial y científicamente [1-4].

En esta investigación, se obtuvieron fibras a partir de soluciones de polivinilpirrolidona (PVP), Nylon 6, polimetilmetacrilato (PMMA) y poli-3,octil tiofeno (P3OT). Este último, polímero fluorescente. Aprovechando su disminución de fluorescencia al contacto con algunos metales, se puede aplicar en sensado.

Las configuraciones utilizadas para el electrohilado fueron el típico, concéntrico y el lado a lado. Así mismo, se variaron los parámetros del proceso, como concentración de la solución polimérica, voltaje, flujo y distancia entre electrodos [1,2,6].

Las fibras producidas fueron caracterizadas por las siguientes técnicas: Micrografía Electrónica de Barrido (SEM), Espectrometría UV-vis, Espectrometría de fluorescencia, Microscopio de Fuerza Atómica (AFM) y Microscopia Confocal.

## Introducción

El proceso de manufactura de electrohilado o “electrospinning” fue reportado por primera vez por Formhals en 1934. Desde entonces, este proceso ha contado con la atención en muchas investigaciones y reportes, publicaciones y patentes.

El proceso de electrohilado es utilizado para obtener fibras finas en el rango de nanómetros (llamadas también nanofibras), se logra cargando miles de volts a una solución polimérica. Cuando el voltaje es suficiente y sobrepasa la tensión superficial, hilos finos de líquido son expulsados hacia un objeto conectado a una tierra, llamado colector. Los hilos se estiran y se elongan conforme recorren cierta distancia y son repartidos en una red interconectada.

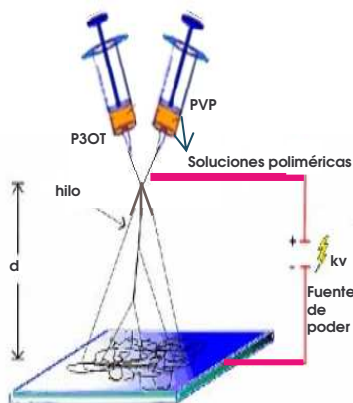
Varias publicaciones indican que el voltaje requerido para producir fibras se encuentra en un rango de 5 kV a 30 kV. Este rango de voltaje es suficientemente bueno para sobrepasar la tensión superficial de las soluciones poliméricas y producir hilos

cargados realmente finos. Este hilo sufre divisiones y rompimientos antes de llegar al colector, formando fibras de tamaños y formas diferentes antes de la evaporación total.

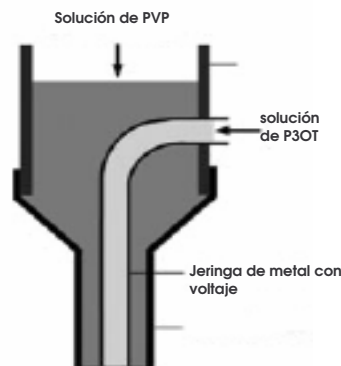
El sistema de electrohilado consiste en dos entidades separadas, un rociador y un colector. El rociador se compone esencialmente por un spinneret (jeringa), el cual contiene la solución polimérica. Uno de los electrodos de metal procedente del suministro de alto voltaje es conectado a la solución, sirviendo esta parte como terminal positiva. Y al colector, el cual colecta las fibras, le es conectado el segundo electrodo, sirviendo como parte negativa. En este proceso, la solución polimérica es cargada con un potencial eléctrico verdaderamente alto. Conforme el campo eléctrico aumente, la superficie hemisférica de la solución en el extremo de la aguja se extiende para formar una estructura parecida a un cono, conocida también como el cono de Taylor. Entonces, según la fuerza actúe sobre la solución polimérica, se vuelve mayor que la tensión superficial, la gota cargada se hace inestable y esta inestabilidad causa la formación de un hilo cargado. Conforme este hilo cargado se desplaza en el aire, el solvente se evapora, dejando una fibra de polímero cargada, la cual se deposita al azar sobre el colector [1-3].

### Parte Experimental

Las configuraciones de electrohilado utilizadas para las soluciones de PVP y P3OT, fueron concéntrica y lado a lado. A continuación se muestran dichos sistemas y los parámetros utilizados [2,6,7].



Electrospinning side by side

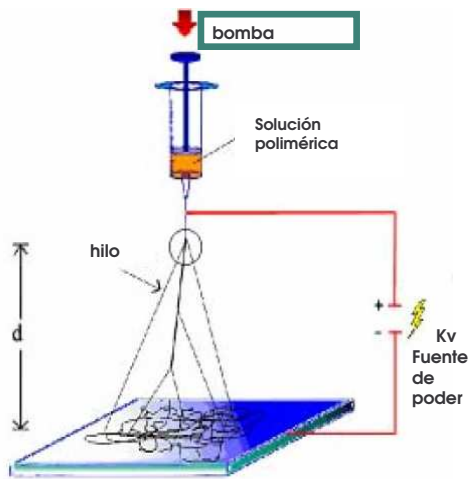


Electrospinning concéntrico

### Parámetros:

- Voltaje: 10 kv
- Concentración:  
PVP: 4%  
P3OT: 5%
- Distancia: 15cm

Las fibras de nylon fueron preparadas por electrohilado típico y posteriormente cubiertas por spin-coating con la solución de P3OT [8].



**Sistema para Electrospinning**

### Parámetros:

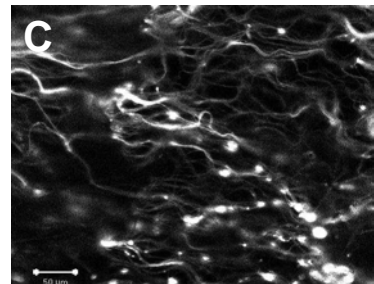
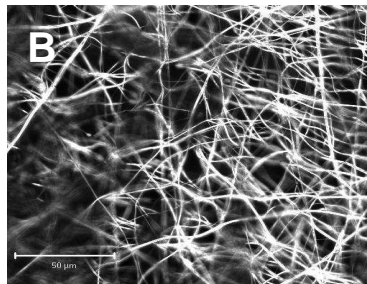
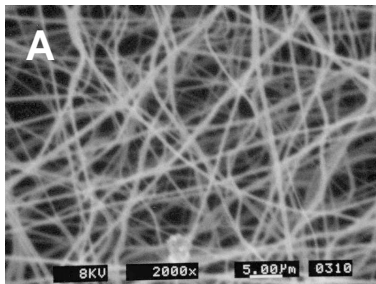
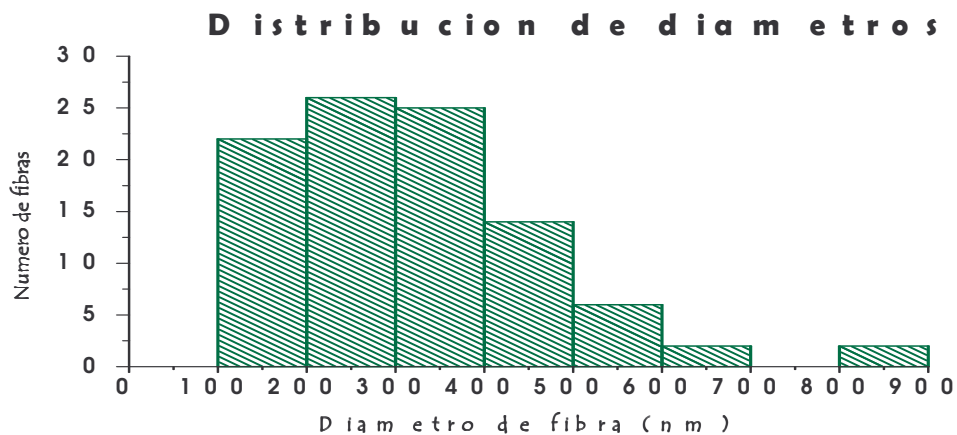
- Voltaje: 15 Kv
- Concentración:  
Nylon: 15%  
P3OT: 5%
- Distancia: 10 cm
- Flujo: 0.360  $\mu\text{l/hr}$

### Resultados

Morfología, distribución de diámetros y fluorescencia estudiados:

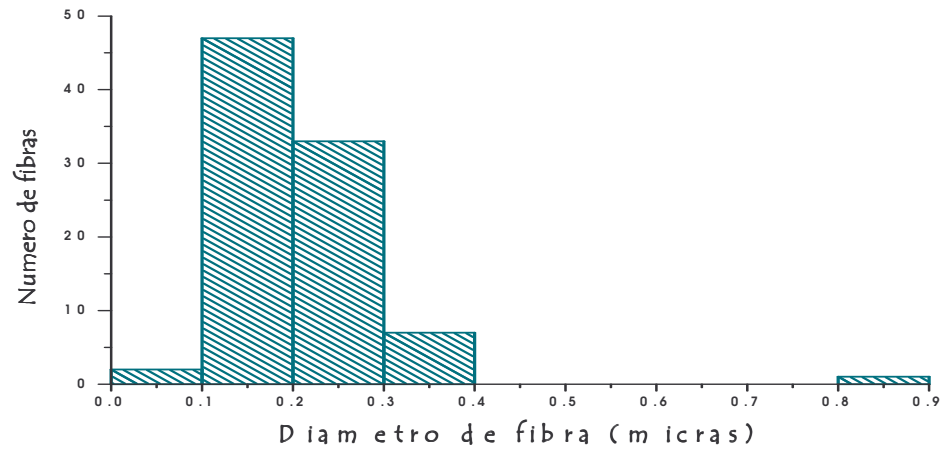
#### Fibras de PVP / P3OT

Side by side:



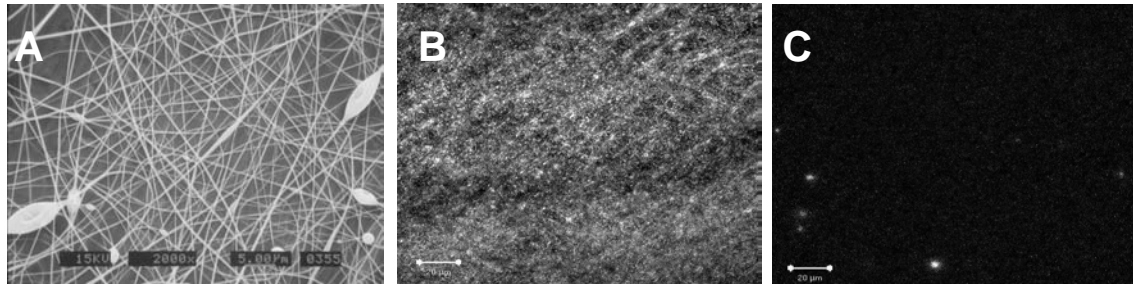
A) Imagen del Microscopio Electrónico de Barrido (SEM), B) Imagen del Microscopio Confocal (imagen de transmisión), C) Imagen del Microscopio Confocal (imagen de fluorescencia).

La siguiente distribución de diámetros sirve como referencia, ya que solo es para fibras de PVP (utilizando la configuración típica de electrohilado):



T

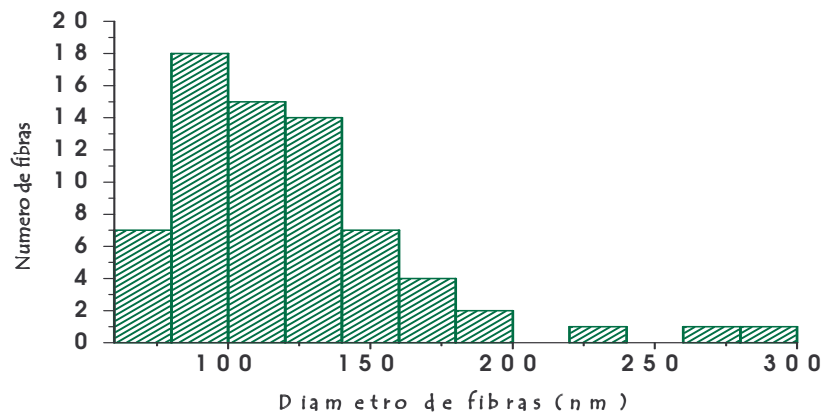
También se muestran las imágenes de los diferentes microscopios para que se aprecien las diferencias:



A) Imagen del Microscopio Electrónico de Barrido (SEM), B) Imagen del Microscopio Confocal (imagen de transmisión), C) Imagen del Microscopio Confocal (imagen de fluorescencia).

### Fibras de Nylon / P30T

En este caso, se utilizó una configuración típica, para primero producir fibras únicamente de nylon, para después cubrirlas por spin coating con el polímero fluorescente.



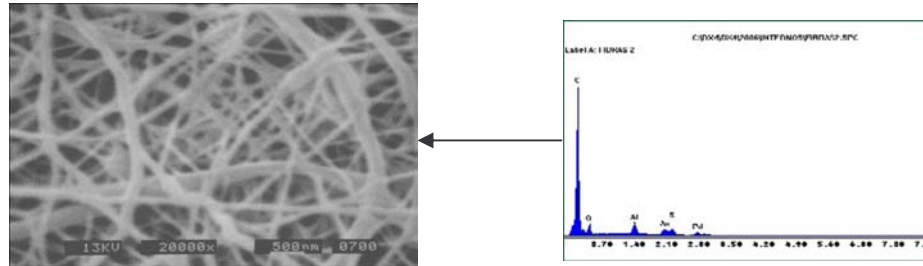


Imagen y microanálisis del Microscopio Electrónico de Barrido (SEM) para fibras de Nylon recubiertas con solución de P3OT.

Se hizo un microanálisis para comprobar la presencia del P3OT (polímero fluorescente) en las fibras.

Las siguientes distribuciones al igual que las imágenes pertenecen a las fibras hechas solamente con Nylon, las cuales son útiles como referencia:

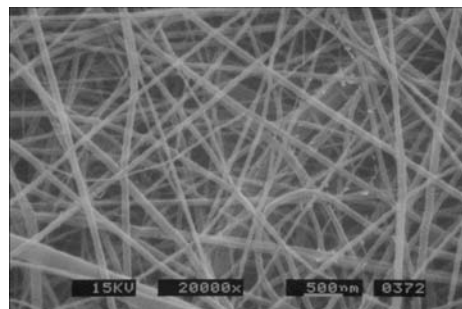
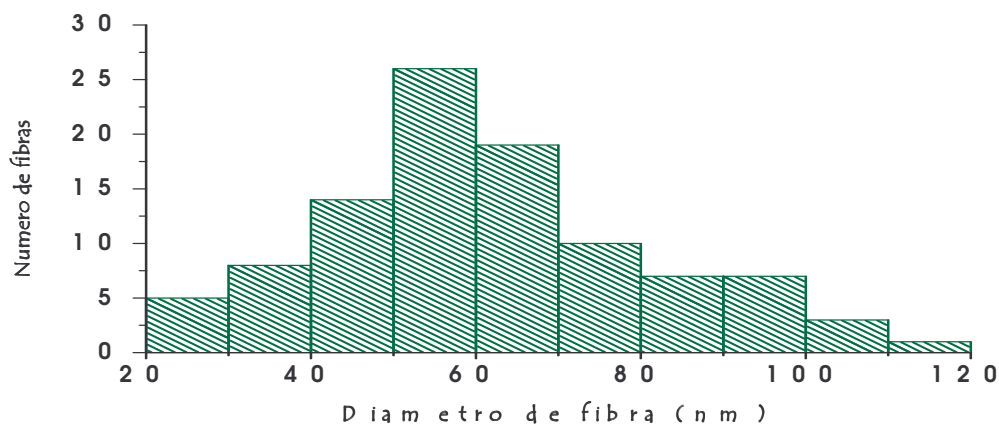


Imagen del Microscopio Electrónico de Barrido (SEM)

## Conclusiones

- \* La configuración de electrohilado lado a lado para PVP/P3OT produce fibras con morfología cilíndrica y diámetros en el rango de 100 a 700 nm.
- \* Las fibras de Nylon muestran una forma cilíndrica con diámetros que van de los 20 a los 120 nm.
- \* El diámetro de la fibra aumenta después de ser cubierto por la solución de P3OT, con un rango entre los 70 y 300 nm.

## Referencias

1. Dan Li and Younan Xia. Electrospinning of Nanofibers: Reinventing the Wheel?. Adv. Mater. 2004, 16, No. 14, July 19, 1151-1170.
2. Dan Li, Amit Babel, Samson A. Jenekhe, and Younan Xia. Nanofibers of conjugated polymers prepared by electrospinning with a two-capillary spinneret. Adv. Mater. 2004, 16, No. 22, November 18, 2062-2066.
3. A. Ceria, polytechnic of Turin. Electrospinning for ultra fine fibers. pag. 336-345.
4. Xianyan Wang, Christopher Drew, Soo-Hyoung Lee, Kris J. Senecal, Jayant Kumar, and Lynne A. Samuelson. Electrospun Nanofibrous Membranes for Highly Sensitive Optical Sensors. NANO LETTERS 2002, Vol. 2, No. 11, 1273-1275.
5. Virginia polytechnic institute and state university, Electrospinning.  
<http://che.vt.edu/Wilkes/electrospinning/electrospinning.html>
6. Pankaj Gupta, Garth L. Wilkes. Some investigations on the fiber formation by utilizing a side by side bicomponent electrospinning approach. Polymer 2003, Vol. 44, 6353-6359.
7. Qingbiao Yang, Zhenyu Li, Youliang Hong. Influence of solvent on the formation of ultrathin uniform poly(vinyl pyrrolidone) Nanofibers with Electrospinning. Journal of Polymer Science 2004, Vol. 42, 3721-3726.
8. Young Jun Ryu, Hak Yong Kim, Keun Hyung Lee. Transport properties of electrospun nylon 6 nonwoven mats. European polymer Journal 2003, Vol. 39, 1883-1889.