

Nanofibras Fabricadas a base de la Técnica de Electrospinning para la Medicina Regenerativa

La nanotecnología es una iniciativa tecnológica disruptiva que combina el estudio, el control, la manipulación y el ensamblaje de diversos componentes en la nanoescala para crear materiales, sistemas y dispositivos destinados a satisfacer los intereses y necesidades del ser humano.

La nanomedicina es una aplicación de la nanotecnología que tiene que ver con diagnóstico, prevención, tratamiento y monitoreo de enfermedades, en donde uno de los propósitos fundamentales de la medicina regenerativa es reparar los tejidos que se han visto afectados.

Para conseguir esto, los biomateriales han sido empleados como una herramienta esencial porque funcionan como soporte físico para varios principios activos. Aquí, lo más relevante de estos biomateriales es que pueden replicar las condiciones fisiológicas del cuerpo humano e interactuar con las diferentes células a reproducir o reparar.

El principal desafío, por consiguiente, es desarrollar estructuras que sean capaces de dirigir procesos de reparación celular de forma segura y eficaz para nuestro organismo. En este contexto, se ha empleado el uso de las nanofibras generalmente obtenidas a través de la técnica del electrospinning debido a su versatilidad para ser aplicadas en ingeniería de tejidos y medicina regenerativa.

El electrospinning es una técnica que posibilita la fabricación de nanofibras con diámetros similares a las estructuras presentadas en la matriz extracelular (ECM). Para que las células realicen funciones importantes como la migración, la adhesión, la proliferación y la diferenciación celular de la misma manera en que lo hace la matriz original, esta similitud es esencial para la reproducción de todos estos procesos.

Estudios recientes confirman que estas nanofibras pueden imitar funcionalmente la arquitectura de la ECM natural, lo cual favorece los procesos de regeneración tisular (Wang et al., 2025). Lo interesante al respecto, es que estas nanofibras no solamente son andamios sencillos, sino que la interconectividad, la porosidad y su gran relación entre su área superficial y su volumen generan microambientes que favorecen de manera directa el comportamiento celular.

De esta forma, durante la fabricación de las nanofibras por la técnica de electrospinning, se pueden controlar parámetros como el diámetro de la nanofibra, la orientación de las fibras y la distribución porosa de las mismas, lo que nos permite dirigir respuestas celulares específicas según el tejido que se desea regenerar. Esta capacidad de “funcionalidad” de las nanofibras es crucial cuando trabajamos con tejidos que tienen requerimientos estructurales y morfológicos muy diferentes.

En este contexto, el diseño estructural de las nanofibras juega un papel muy importante en el diseño de estas. Otro aspecto relevante de las nanofibras es su composición: la composición de las nanofibras tiene un papel fundamental en su rendimiento biológico. La biocompatibilidad, la biodegradabilidad y las propiedades antimicrobianas son características intrínsecas de algunos polímeros naturales, por ejemplo, el quitosano.

En cambio, los sintéticos como la policaprolactona o el alcohol polivinílico brindan estabilidad mecánica y una forma de procesamiento en la síntesis de las nanofibras. La combinación de ambos tipos de materiales (polímeros naturales y sintéticos) permite el desarrollo de andamios híbridos que integran resistencia estructural con bioactividad, biocompatibilidad y otros tipos de propiedades, lo cual resulta especialmente relevante en aplicaciones de regeneración tisular y cicatrización de heridas (Alotaibi et al., 2024).

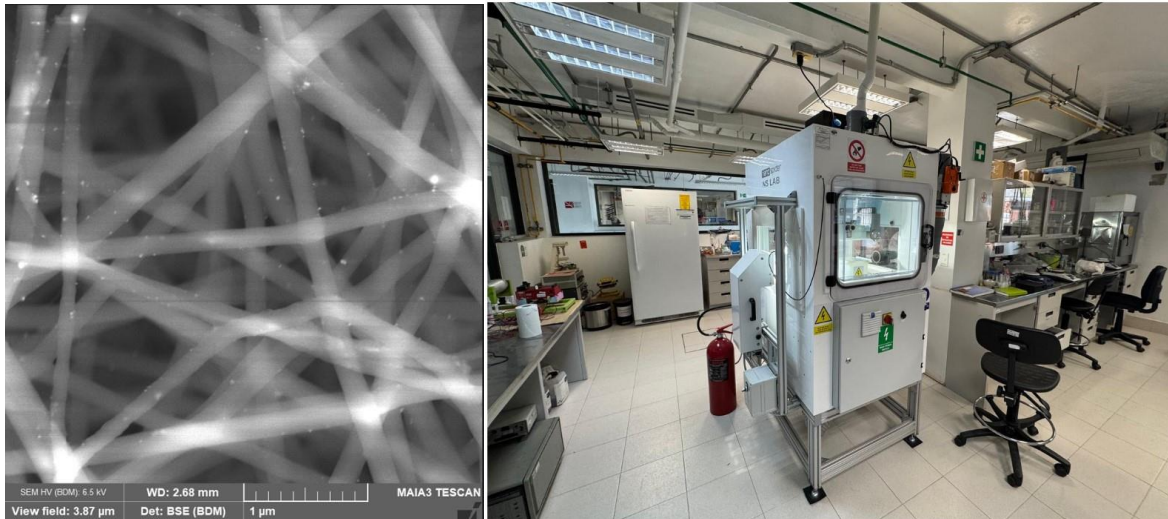


Figura 1. a) Nanofibras de PVA (alcohol polivinílico) con nanopartículas de plata sintetizadas en el laboratorio de Nanotecnología de la UDLAP con un equipo de electrospinning “NANOSPIDER”.

Como se ha mencionado, la técnica de electrospinning proporciona la oportunidad de biofuncionalizar las nanofibras mediante la incorporación de fármacos o nanopartículas, convirtiéndolas en sistemas de liberación controlada que actúan directamente donde se necesita la regeneración. Esta funcionalidad convierte a las nanofibras en sistemas de liberación controlada de fármacos capaces de actuar directamente en el sitio afectado.

Por ejemplo, la incorporación de nanopartículas de plata (Ag NPs) con actividad antimicrobiana en nanofibras poliméricas ha evidenciado que se puede mejorar la respuesta frente a infecciones y ayudar a la regeneración del tejido lesionado, sobre todo en aplicaciones de curación de heridas (Lopez-Esparza et al., 2016).

De esta manera, las aplicaciones de las nanofibras posibles son variadas y numerosas: regeneración de piel, hueso, nervio y tejido cardiovascular. En cada caso, es posible ajustar la arquitectura y composición del andamio según los requerimientos específicos del tejido objetivo. No obstante, pese a los progresos realizados, todavía hay desafíos significativos para su puesta en marcha clínica, como la necesidad de estandarizar los parámetros de fabricación, el uso de solventes amigables con el medio ambiente y el alcance del proceso.

En conclusión, las nanofibras obtenidas por la técnica de electrospinning son una clase de nanomateriales clave e innovadores en la medicina regenerativa por su capacidad de imitar la matriz extracelular y regular procesos biológicos. Su éxito no solo depende del material utilizado, sino también del diseño arquitectónico de las nanofibras y su interacción con las células del organismo.

La perfección de estos nanomateriales requiere de un enfoque interdisciplinario entre la nanotecnología, la ciencia de materiales, la ingeniería, la química, la biología y la medicina para lograr una aplicación clínica exitosa y poder ayudar a pacientes que necesitan terapias regenerativas.

Referencias:

- Alotaibi, B. S., Khan, A. K., Kharaba, Z., Yasin, H., Yasmin, R., Ijaz, M., Khan, M., & Murtaza, G. (2024). Development of poly(vinyl alcohol)-chitosan composite nanofibers for dual drug therapy of wounds. *ACS Omega*, 9(12), 12825-12834. <https://doi.org/10.1021/acsomega.3c08856>
- Greiner, A., & Wendorff, J. H. (2007). Electrospinning: A fascinating method for the preparation of ultrathin fibers. *Angewandte Chemie International Edition*, 46(30), 5670-5703. <https://doi.org/10.1002/anie.200604646>
- Lopez-Esparza, J., Espinosa-Cristóbal, L. F., Donohue-Cornejo, A., & Reyes-López, S.Y. (2016). Antimicrobial activity of silver nanoparticles in polycaprolactone nanofibers against Gram-positive and Gram-negative bacteria. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 55(48), 12532-12538. <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.6b02300>
- Wang, X., Shan, C., Huang, R., Penkova, A., & Su, R. (2025). Chitosan and chitosan nanofibers in wound dressings, from material preparation to functional design: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 333, 148937. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2025.148937>

Sobre los autores:

Regina Alexa Gualito Cervantes.

Estudiante de sexto semestre de la Licenciatura en Ingeniería Biomédica, del Departamento de Computación, Electrónica y Mecatrónica, en la Universidad de las Américas Puebla. Actualmente colabora en el laboratorio de nanotecnología con el Dr. Felipe Córdova Lozano en el Programa de Honores en la síntesis y aplicación de nanofibras poliméricas al área de la ingeniería biomédica.

Contacto: regina.gualitocs@udlap.mx

Dr. Felipe Córdova Lozano

Felipe Córdova Lozano es Doctor en Química, con especialidad en Química Molecular y Estructural por la Universidad Joseph Fourier de Grenoble Francia. Maestro en Ciencias con especialidad en Ingeniería Química por la Universidad de las Américas Puebla. Licenciado en Química Industrial por la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Ha realizado estancias de investigación en instituciones como: Brigham Young University, en Utah (USA) y The University of Texas at San Antonio (USA), donde trabajó con el Dr. Miguel José Yacamán principalmente en la caracterización de nanomateriales 1D mediante microscopía electrónica de barrido y de transmisión. Ha publicado 21 artículos con arbitraje a nivel internacional, dirigido 20 tesis de licenciatura y posgrado y participado en congresos nacionales e internacionales relacionados a su disciplina.

Profesionalmente ha desarrollado proyectos de control de calidad y análisis de materia prima para empresas como Janssen y Grupo Jumex, además de análisis de caracterización de materiales mediante Microscopía Electrónica de Barrido y Energía Dispersiva de Rayos X para empresas como thyssenkrup Presta de México, Grupo IDESA, Golde Group y RealIn.

Su área de investigación se enfoca en la realización de proyectos que utilicen nanomateriales 1D en donde se incluyen nanofibras de óxidos metálicos y poliméricas (sintetizadas por la técnica de electrospinning), nanotubos de óxidos metálicos (sintetizadas por el método de oxidación anódica) y nanoalambres de Ag (sintetizados por el método del poliol) para procesos de energías renovables, catálisis y fotocatalisis. Un

área reciente de investigación es la síntesis de composites de carbono (nanoadsorbentes) empleados para la remediación ambiental de sitios acuáticos contaminados con colorantes y metales pesados mediante el proceso de adsorción. Actualmente es profesor-investigador de tiempo completo del Departamento de Ciencias Químico-Biológicas y pertenece al Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNII) en el nivel I (2023-2027).

Contacto: felipe.cordova@udlap.mx