

# Grafeno:

## La próxima revolución en aplicaciones biomédicas

### Parte I. Ingeniería de Tejidos

Los avances en la medicina han llegado a niveles hasta hace poco tiempo, inimaginados. Entre ellos, la **ingeniería de tejidos** tiene una participación importante. Con ella es posible combinar células, **biomateriales** y moléculas biológicamente activas con el objetivo de reparar o replicar tejidos u órganos con un funcionamiento similar al de la estructura original. En principio, los **biomateriales** son utilizados como **andamios moleculares** para que actúen como soporte o guía tridimensional (3D) para el anclaje y crecimiento de las células que se encargarán de formar el nuevo tejido.

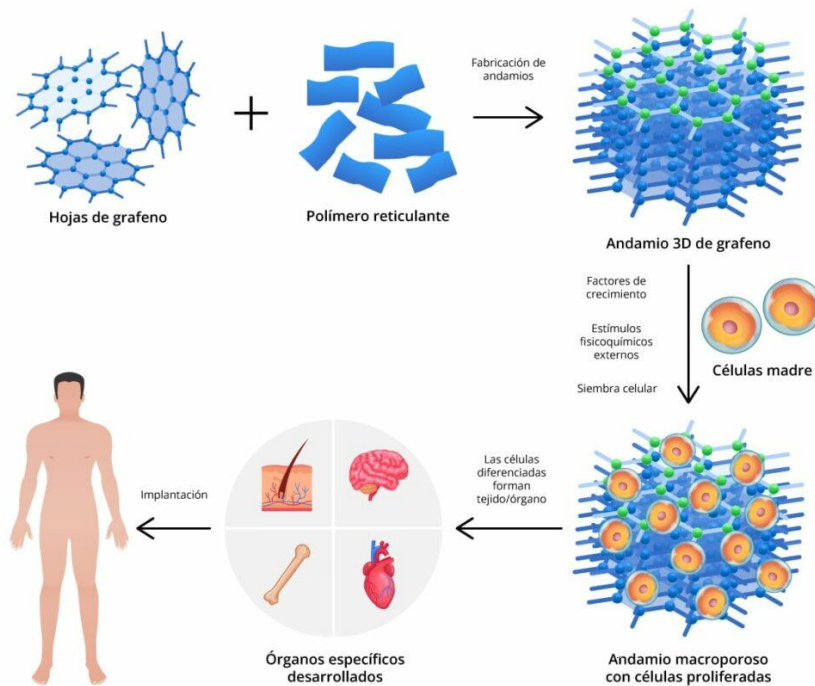
Los primeros andamios moleculares se diseñaron con *materiales naturales* como el colágeno, glicosaminoglicanos (GAGs), quitosano y alginatos; después con *compuestos artificiales* como el poliácido láctico (PLA), ácido poliglicólico (PGA), ácido poli (láctico-co-glicólico) (PLGA), poliuretanos (PUs), politetrafluoroetileno (PTFE), polietilentereftalato (PET); biocerámicas como la hidroxiapatita (HA) y fosfato tricálcico; *metales* como el acero inoxidable, aleaciones cromo-cobalto (Co-Cr) o aleaciones de titanio (Ti) y recientemente, las nuevas investigaciones se orientan al uso de la *nanotecnología*.

La relación entre la **nanotecnología** y la **ingeniería de tejidos** se debe a que la *matriz extracelular* (MEC) que ayuda a que las células se unan y se comuniquen entre sí, está formada por una *red de fibras de tamaño nanométrico* compuesta por moléculas bioactivas. Es en este punto donde la nanotecnología abre nuevas posibilidades a la medicina regenerativa, pues se ha comprobado que el uso de materiales que actúen en la misma escala nanométrica de la MEC favorece para mimetizar el entorno fisiológico del organismo para estimular el crecimiento y diferenciación celular en un ambiente más natural.

Entre los nanomateriales más estudiados en los últimos años están los **materiales grafénicos**, que consisten en láminas nanométricas de átomos de carbono organizados en redes hexagonales de dos dimensiones (2D). Entre las propiedades más interesantes para la ingeniería de tejidos destacan su extensa superficie de área, resistencia mecánica, conductividad térmica, biocompatibilidad y finalmente, una extraordinaria capacidad para compartir sus propiedades con otros materiales para mejorar sus características originales.

Por ejemplo, el uso de materiales grafénicos dentro de la arquitectura 3D de ciertos biopolímeros en pruebas realizadas sobre tejidos de corazón, hígado, hueso, cartílago y piel, ha demostrado *mejoras sustanciales de sus propiedades fisicoquímicas, mecánicas, eléctricas y biológicas, logrando* excelente respuesta para la *adhesión y diferenciación de células madre*.

## ANDAMIO 3D DE GRAFENO EN INGENIERÍA DE TEJIDOS



Representación esquemática de los andamios 3D con grafeno para ingeniería de tejidos.  
Tomado de International Journal of Nanomedicine 2019;14 5753

En 2022 el centro tecnológico Andaltec (España) reportó el desarrollo de un material a partir de polímeros derivados del grafeno por impresión 3D con gran potencial para la regeneración de tejido muscular. Ellos demostraron que en presencia de los derivados de grafeno las células se contraen y se expanden sin que exista un estímulo externo, por lo tanto, tiene grandes posibilidades para su uso en medicina regenerativa.

Por otro lado, la División de Estudios de Posgrado e Investigación (DEPeI) en Odontología, UNAM y la Escuela Nacional de Estudios Superiores (ENES) Unidad León, Mx., a través de un estudio publicado en el *J Oral Res 2021* respalda las posibilidades del óxido de grafeno (GO) en el diseño de biomateriales para uso odontológico. Los resultados de la investigación realizada sobre muestras de GO (Graphenemex®) concluyeron que este nanomaterial en combinación con el polimetilmetacrilato (PMMA), además de mejorar sus propiedades físico-mecánicas, también demostró buena compatibilidad y una interesante estimulación de la proliferación celular al ser evaluado sobre cultivos con fibroblastos-gingivales, células-pulpares-dentales y osteoblastos humanos.



En 2020, investigadores de la Universidad de Málaga (España) publicaron otro estudio que de igual manera identificó al GO como el material idóneo para la medicina regenerativa. El estudio realizado sobre un modelo animal evidenció alta biocompatibilidad de distintos tipos de óxido de grafeno con células dopaminérgicas, favoreciendo su maduración y protegiéndolas de las condiciones tóxicas de la enfermedad de Parkinson, esto resultados postulan al GO como un andamio adecuado para probar nuevos fármacos o desarrollar construcciones para la terapia de reemplazo de células de la enfermedad de Parkinson.

A pesar de la gran cantidad de investigaciones sobre las interacciones de los materiales grafénicos con los medios biológicos, aún queda un largo camino por recorrer para tener estos biomateriales disponibles y en funcionamiento clínico. Energeia- Graphenemex, la empresa mexicana pionera en América Latina en la investigación y desarrollo de aplicaciones con materiales grafénicos, en colaboración con otras compañías y centros de investigación busca contribuir con la ciencia para comprender estas interacciones en un marco de seguridad, para sentar bases sólidas sobre el uso de la nanotecnología grafénica en el sector biomédico en beneficio de la sociedad.

Redacción: EF/DHS

## Referencias

1. *Graphene and its derivatives: understanding the main chemical and medicinal chemistry roles for biomedical applications. J Nanostructure Chem, 2022, 12:693*
2. *Biological and physico-mechanical properties of poly (methyl methacrylate) enriched with graphene oxide as a potential biomaterial. J Oral Res 2021; 10(2):1*
3. *Graphene-Based Antimicrobial Biomedical Surfaces. ChemPhysChem 2021, 22, 250*
4. *Functionalized Graphene Nanoparticles Induce Human Mesenchymal Stem Cells to Express Distinct Extracellular Matrix Proteins Mediating Osteogenesis. Int J Nanomed 2020:15 2501*
5. *Graphene Oxide and Reduced Derivatives, as Powder or Film Scaffolds, Differentially Promote Dopaminergic Neuron Differentiation and Survival. Front. Neurosci., 21 December 2020. Sec. Neuropharmacology Volume 14*
6. *International Journal of Nanomedicine 2019:14 5753*
7. *Biocompatibility Considerations in the Design of Graphene Biomedical Materials. Adv. Mat. Interfaces 2019, 6, 1900229*
8. *Graphene based scaffolds on bone tissue engineering. Bioengineered, 2018, 9:1, 38*
9. *When stem cells meet graphene: Opportunities and challenges in regenerative medicine. Biomaterials, 2018, 155, 236*
10. *Graphene-based materials for tissue engineering. Adv. Drug Deliv. Rev. 2016,105, 255*
11. *Capítulo 92e: Ingeniería de tejidos, Anthony Atala. 2023 McGrawHill.*

Tomado de *Journal of Nanostructure in Chemistry (2022) 12:693*

| Etiquetado como [antimicrobiano](#), [biocompatibilidad](#), [capacidad regenerativa](#), [control de infecciones](#), [implantes](#), [industria del grafeno](#), [Materiales grafénicos](#), [mejora de propiedades](#), [proliferación celular](#), [regeneración de tejidos](#)