Nanotecnologización de la medicina: una prospectiva para México

Rodrigo Bolaños Jiménez

Introducción

La medicina contemporánea presenta importantes desafíos, entre los cuales destaca la necesidad de investigación intensa para ofrecer soluciones terapéuticas a numerosos padecimientos crónicos que aquejan a la población, como son: enfermedades neurodegenerativas (Alzheimer, Parkinson, etc.), diabetes, enfermedades cardiovasculares, cáncer, etc. Todas las anteriores son consecuencia del crecimiento y progresivo envejecimiento de la población mundial por los fenómenos demográficos actuales. Esto conduce al incremento de estos padecimientos y ello conlleva a la obligada prescripción de tratamientos muy costosos e imposibles de realizarse, al menos para una población mayoritaria en los países cuya economía es emergente. Por lo que se proyecta que hacia el año 2025, la alta demanda de atención médica se convierta en un serio problema de salud pública.

Las respuestas a estos retos de salud, estarán vigorosamente unidas a la conjunción, aplicación, organización y desarrollo de nuevos cimientos entre la ingeniería, y las ciencias de la vida, de manera especial con la medicina. Estos preceptos serán la base del futuro desarrollo de nuevos tratamientos y el fundamento de una nueva modalidad científica, la "*nanomedicina"*.

Nanociencia, nanotecnología y nanomedicina

El prefijo *"nano"* proviene del griego y significa *"enano".* Usualmente se emplea la palabra nanociencia para referirse al estudio de los fenómenos y el manejo de la materia a escala nanométrica (un nanómetro es la millonésima parte de un milímetro; 1 nano=0.000000001), mientras que la nanotecnología se encarga del estudio, creación, diseño, síntesis, identificación, manipulación y aplicación de materiales, aparatos y sistemas a

través del control de la materia en dimensiones cercanas al intervalo de 1-100 nanómetros, así como de la exploración de fenómenos y propiedades de la materia a dicha escala.

En este sentido, la nanomedicina es la aplicación médica de la nanotecnología, que permitirá el uso de mecanismos de investigación útiles, nuevas vías y sistemas avanzados de liberación de moléculas y/o medicamentos, para la reparación de células o tejidos dañados.[1]

Cronología de los hechos que marcaron el surgimiento de la nanotecnología y nanomedicina

1959- Richard Feynman obtuvo el premio Nobel de física en 1965, por sus trabajos en electrodinámica quántica. Fue el primero en hacer referencia de las posibilidades de la nanociencia y la nanotecnología en su celebre discurso que dio en el Instituto Tecnológico de California, titulado "*En el fondo hay espacio de sobra*".

1980- Eric Drexler fundador del Instituto Foresight, introdujo por primera vez el término *"nanotecnología"*.

1982- Gerd Binning y Heinrich Rohrer, fabricaron el microscopio de efecto túnel (premio Nobel de física, 1986). Este consiste básicamente en visualizar átomos como entidades independientes. Basados más o menos en el mismo principio de este microscopio se han desarrollado otra serie de microscopios o herramientas que tienen la precisión de trabajar en escala nanométrica.

1996- Sir Harry Kroto ganó el premio Nobel de química, por su descubrimiento de los fulerenos, que son moléculas compuestas enteramente de carbón en la forma de una esfera, elipse o tubo. Su importancia radica en que han mostrado una actividad significativa contra los virus de la inmunodeficiencia humana (SIDA) y también se ha demostrado que poseen un efecto de protector cerebral, por sus efectos antioxidantes.

Con todos estos avances, hoy en día la medicina tiene una gran interés por seguir investigando más acerca de las moléculas o materiales orgánicos llamados *"biomateriales",* que son elementos compatibles con el cuerpo humano que se usan para construir órganos artificiales, sistemas de rehabilitación, prótesis o para reemplazar tejidos orgánicos lesionados[2] (**Figura 1).**

Nanotecnologización de la medicina

Durante los últimos años, la medicina a nivel mundial ha tenido progresos significativos que han permitido mejorar la calidad de vida de millones de individuos. La generación de nuevos medicamentos, la utilización de tecnología de avanzada para apoyar el diagnóstico y el tratamiento, han revolucionado la forma de atender y entender a los pacientes.

Países que son lideres e innovadores en el área de la nanotecnología de los últimos años **(Figura 2)**[3], han estimulado la creación de nuevos centros de investigación y pronostican que con las nuevas técnicas desarrolladas obtendrán logros sin precedentes como el diagnóstico prematuro de la enfermedad de Alzheimer, regeneración de tejidos o la solución terapéutica a problemas tan relevantes que antaño se consideraban incurables.[4]

En abril del 2006, en editorial publicado en la revista Nature Materials se estimo que aproximadamente 130 medicamentos y sus métodos de liberación a partir de estructuras nanodiseñadas han comenzado a desarrollarse alrededor del mundo.[5]

Aplicaciones biomédicas

A la nanomedicina se le puede establecer como propósito el control, rastreo, construcción, reparación, protección y mejoramiento de los sistemas de funcionamiento humano, actuando desde el nivel molecular y valiéndose de la nanotecnología para lograr beneficios a la salud. En este contexto, la

nanomedicina hace uso de sistemas nanométricos adecuados para integrarse en microdispositivos o a un medio biológico, para realizar una función determinada.[1,5]

Desde hace algunos años ha sido notable el desarrollo de nanosistemas para la entrega local o sistémica de medicamentos, genes o células en diferentes tejidos del cuerpo humano **(Figura 3**)[6], por ejemplo:

Nanocápsulas y nanoesferas (nanopartículas poliméricas). Son estructuras circulares sólidas, cuyas dimensiones varían de 10 a 1,000 nm de diámetro, fabricadas de polímeros naturales (gelatina, quitosano y alginato) o artificiales (poli-ácido glicólico, poli-ácido láctico, polialkicianocrinolato, etc.). En estas estructuras los medicamentos pueden ser absorbidos, disueltos, encapsulados. Se han aplicado para el tratamiento experimental de dos padecimientos neurodegenerativos, la enfermedad de Huntington y la enfermedad de Parkinson.

Liposomas. Son pequeños vehículos con un centro acuoso incluido en una capa doble de grasas (fosfolípidos) con una o varias láminas, se fabrican de un éter (glicol polietileno), tienen un diámetro de <100 nm. Se están aplicando experimentalmente para la entrega de medicamentos antitumorales, factores de crecimiento y genes.

Dendrímeros y micelas (nanotransportadores alternativos). Se ha demostrado su utilidad para entregar drogas antineoplásicas en tumores cerebrales[7]. También se han usado para transportar medicamentos utilizados contra el virus de la inmunodeficiencia humana (VIH).

Igualmente, la nanomedicina involucra la fabricación de nanorobots o también denominados *"nanobots".* El ADN es el material ideal para la construcción de nanomáquinas debido a su inflexibilidad y a sus bien conocidas interacciones moleculares. Y lo más sorprendente, es la generación

de las máquinas (del tamaño de un virus) orientadas a la reparación celular **(Figura 4).**

Finalmente con el advenimiento de la nanomedicina, se están generando áreas de especialización dentro de la misma, como es el caso de la nanonefrología, la nanocirugía, la nanofarmacología, etc.

Prerrogativas para México

Existe una muy buena oportunidad para México en el desarrollo de la nanomedicina; en el país existe una indiscutible seducción de la juventud por la alta tecnología y la creación de instrumentos futurísticos. Es fundamental que se introduzca a la nanomedicina entre las diferentes asignaturas con que cuentan las escuelas y facultades de medicina del país, con el fin de generar profesionales de la salud cuya mente científica se encuentre a la vanguardia. Resulta obligatorio aumentar el apoyo económico a las instituciones de primer nivel existentes, así como crear nuevos centros de investigación interdisciplinarios. Una vez conjuntados estos aspectos, jugarán roles decisivos para el desarrollo de la nanomedicina en México y la resolución de la perspectiva de salud pública a la que nos enfrentaremos en años venideros.

Conclusión

En México, la incursión a éste campo se ha dado de forma paulatina y es necesaria una completa inmersión a éste conocimiento a todos los dedicados a la ingeniería biomédica, física, matemáticas, biología, ingeniería química, farmacobiología y medicina. Se debe dirigir una apropiada atención a los problemas de salud, éticos y sociales para entender las necesidades humanas actuales, de ésta manera, la confluencia de la ciencia y la tecnología podrán impactar en el formidable avance de las capacidades humanas y la mejora de la calidad de vida. Las directrices científico- tecnológicas hacia el año 2020,

se encaminan a la transformación de la medicina, mediante el uso de nanosistemas para el tratamiento de diferentes padecimientos.

Referencias

1. R. A. Freitas. Nanomedicine. Vol. I: Basic Capabilities, Landes Bioscience, Georgetown, TX, (1999).

2. Gagné et al. "Micropatterning with Aerosols: Application for Biomaterials". *Biomaterials*, 27, (2006): 5430-5439.

2. M. C. Rocco. "International Perspective on Government Nanotechnology Funding in 2005". *Journal of Nanoparticle Research*, 7, (2005): 6.

3. N. Shuming et al. "Nanotechnology Applications in Cancer". *Annual Review of Biomedical Engineering*, 9, (2007): 257.

4. Editorial. "Nanomedicine: A Matter of Rhetoric?". *Nature Materials*, 5, (2006): 243.

5. D. A. LaVan et al. "Small-scale Systems for in Vivo Drug Delivery". *Nature Biotechnology*, 21, (2003): 1184-1191.

6. X. Shi. "Dendrimer-entrapped Gold Nanoparticles as a Platform for Cancer-Cell Targeting and Imaging". *Small*, 3, (2007): 1245-1252.

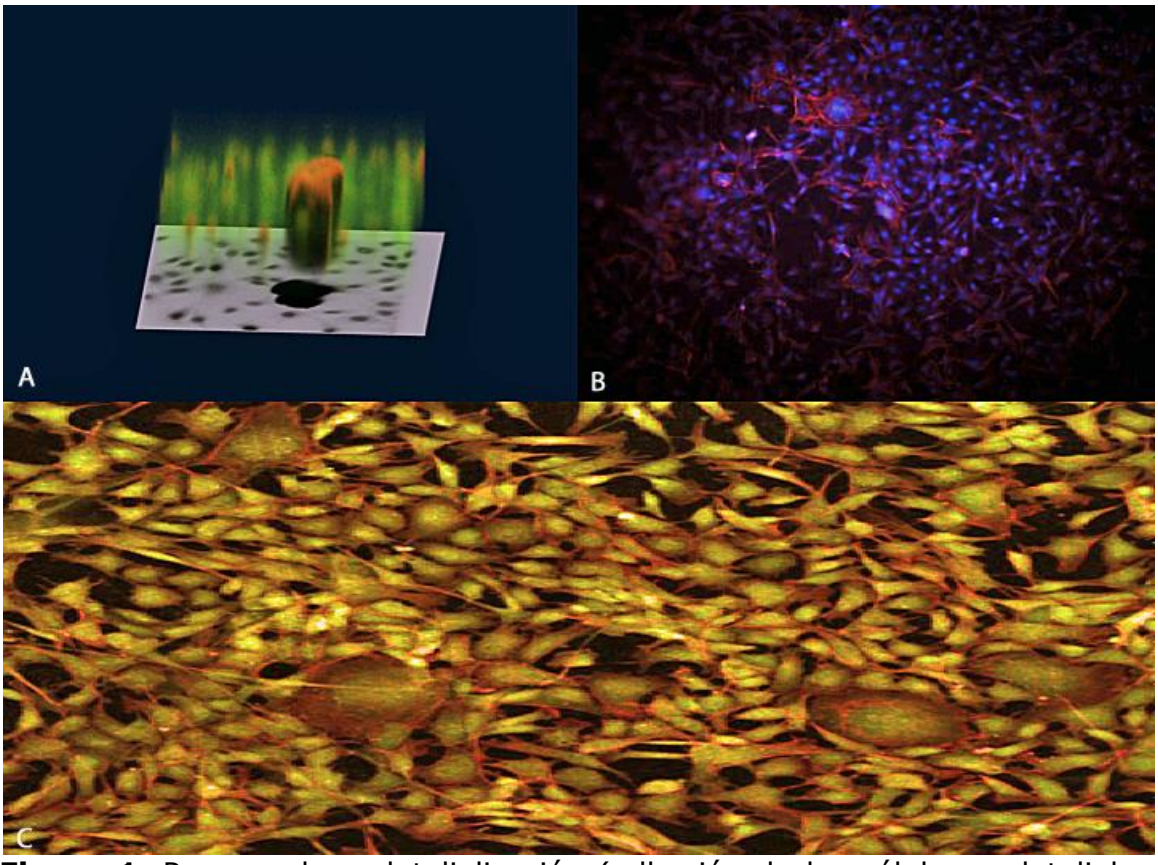

Figura 1. Proceso de endotelialización (adhesión de las células endoteliales entre sí, estas células son las que recubren a los vasos sanguíneos) favorecido por el uso del biomaterial CWQPPRARI. **A**. Imagen tridimensional en donde se observa la superficie de teflón (en blanco, es el material con el que se fabrican las prótesis arteriales) y sobre ésta las células endoteliales adheridas. **B**. Imagen del mismo proceso de endotelialización pero teñido con técnica de inmunofluorescencia. **C**. Mismo proceso de endotelialización fotografiado con microscopio confocal, donde las células endoteliales unidas dan la impresión de un tapete.

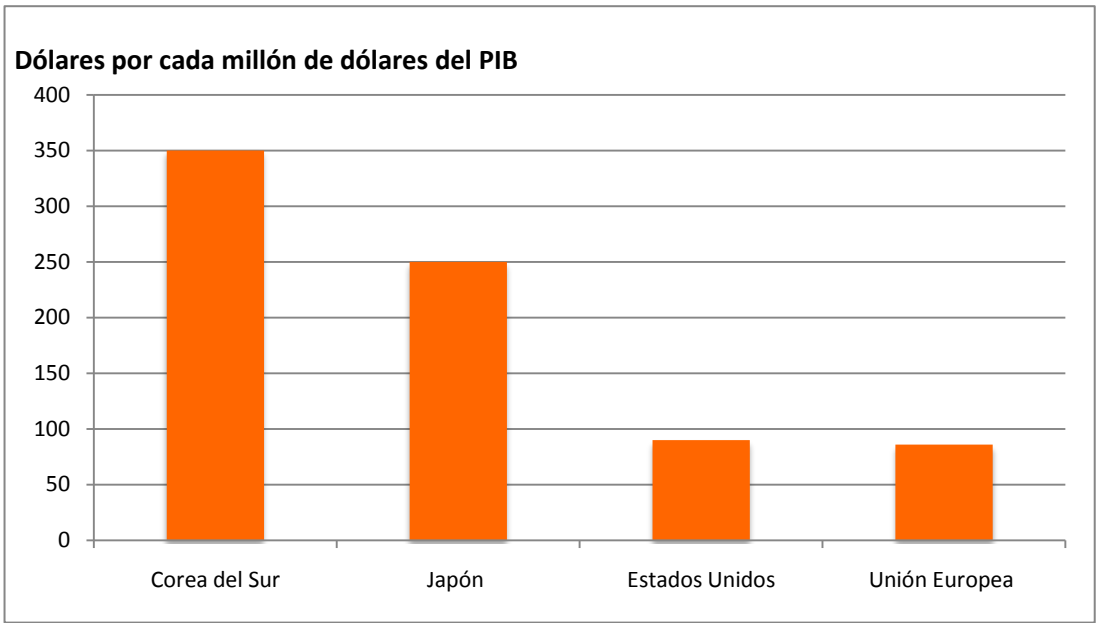

Figura 2. En relación con el producto interno bruto, los países que destinan una mayor proporción de dinero al desarrollo de la nanotecnología son: Corea del Sur (350 dólares por cada millón de dólares del PIB), Japón (250 dólares), Estados Unidos (90 dólares) y la Unión Europea (86 dólares).

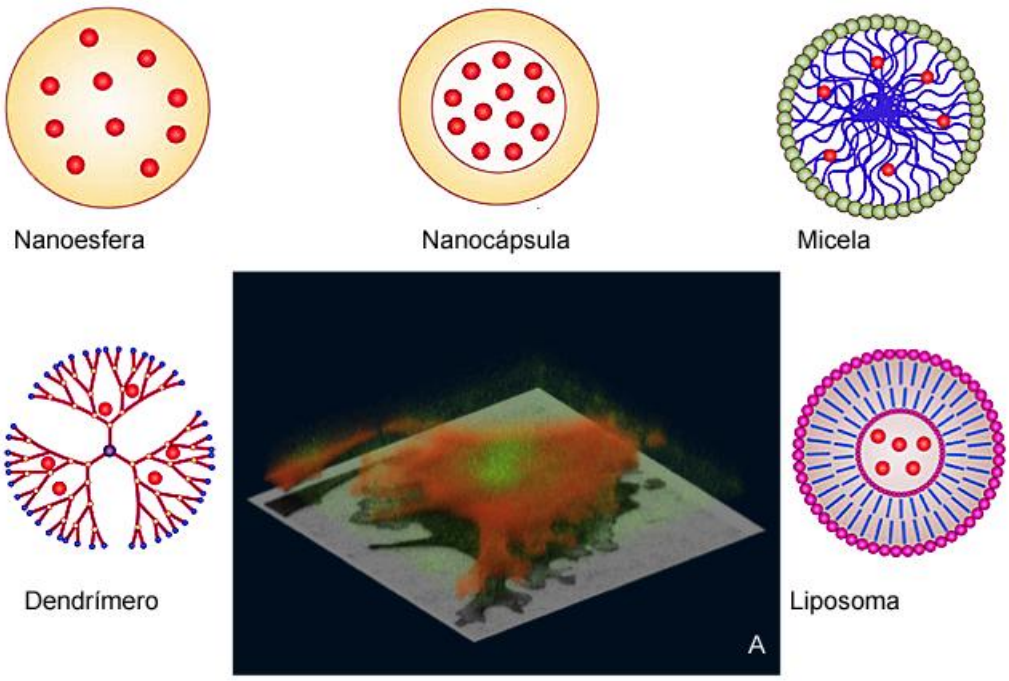

Figura 3. Nanosistemas para la entrega local o sistémica de biomateriales. **A**. Imagen tridimensional del proceso de endotelialización favorecido por el uso de la secuencia de péptidos CWQPPRARI. Se observa la superficie de teflón (en blanco) y sobre ésta las células endoteliales adheridas. Gracias al uso de estos biomateriales se prolonga la vida media de una prótesis arterial.

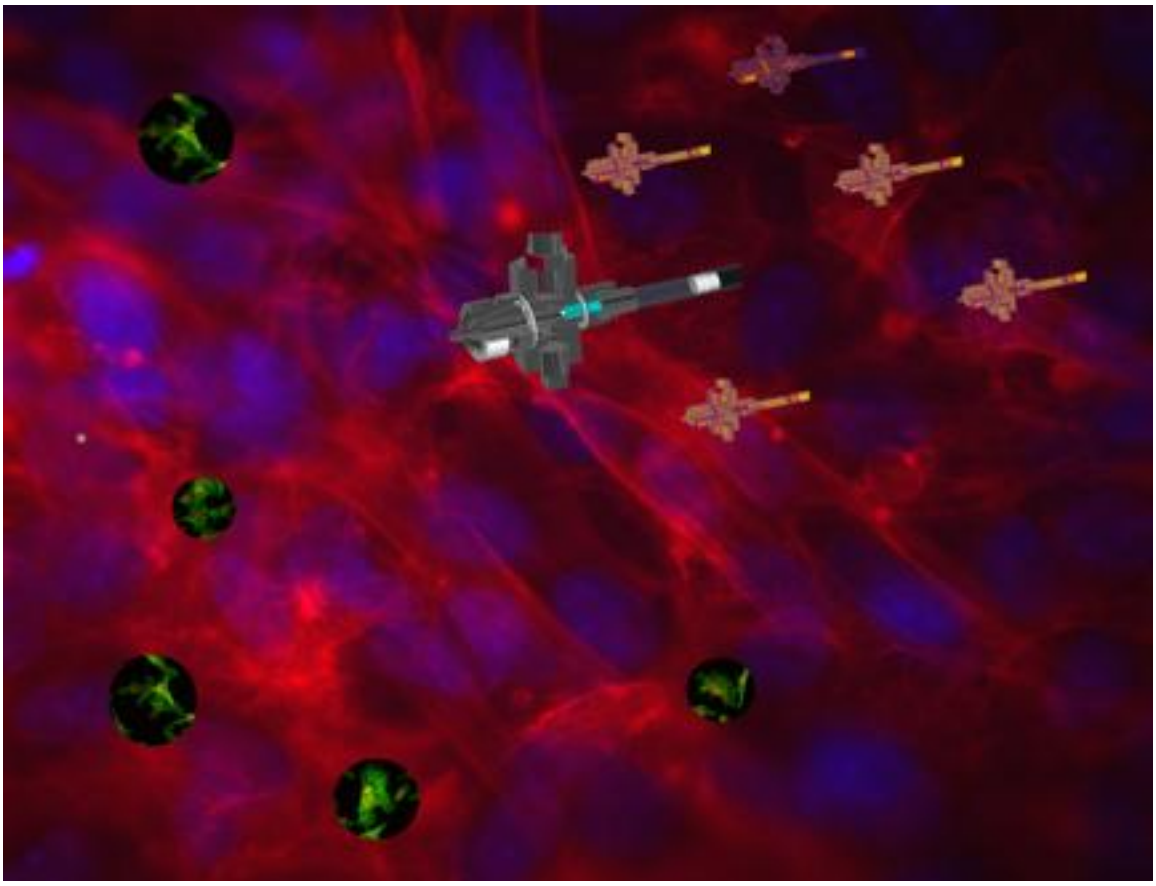

Figura 4. Simulación de la reparación por nanorobots del endotelio lesionado (lesiones en verde).

Rodrigo Bolaños Jiménez

Médico interno de pregrado de la Universidad Panamericana, México e Integrante del Laboratorio de Neurociencias y Biotecnología, Escuela de Medicina, Universidad Panamericana, México, D.F., 03920, MEX.