



Nanomedicina desde una perspectiva tecnológica. Revisión de literatura

Nanomedicine from a technological perspective. Literature review

Alejandro Martínez Torreblanca

Universidad Autónoma de Sinaloa, Mazatlán, México
alexandro18amt@gmail.com

Johana Tirado Hernández

Universidad Autónoma de Sinaloa, Mazatlán, México
tiradohernandez@outlook.com

Daniel VillalpandoCastro

Universidad Autónoma de Sinaloa, Mazatlán, México
ldanielchivas09@gmail.com

Gabriel Villapudua Rodríguez

Universidad Autónoma de Sinaloa, Mazatlán, México
villapudua147@gmail.com

doi: <https://doi.org/10.36825/RITI.08.16.006>

Recibido: Junio 25, 2020

Aceptado: Septiembre 19, 2020

Resumen: El propósito de la presente investigación es analizar la importancia que brinda la nanotecnología y su influencia dentro de la medicina para alcanzar mejores niveles de salud y brindar una mejor calidad de vida. Por este motivo se recolectaron investigaciones de diferentes entidades del mundo enfocados a la innovación de técnicas en la salud gracias a la nanotecnología, es decir, a la nanomedicina, la cual desarrolla productos, equipos y técnicas que servirán para prevenir, diagnosticar y tratar enfermedades de impacto mundial. Por lo tanto, se considera que la nanotecnología tiene un amplio campo de desarrollo dentro de la medicina y podría ser un elemento importante para las futuras generaciones y forme las primeras bases para nuevos conocimientos científicos.

Palabras clave: *Nanomedicina, Nanotecnología, Medicina.*

Abstract: The purpose of this research is to analyze the importance of nanotechnology and its influence within medicine to achieve better levels of health and provide a better quality of life. For this reason, research was

collected from different entities of the world focused on the innovation of health techniques thanks to nanotechnology, that is, nanomedicine, which develops products, equipment and techniques that will serve to prevent, diagnose and treat diseases of global impact. As such, nanotechnology is considered to have a wide field of development within medicine and could be an important element for future generations and form the first bases for new scientific knowledge.

Keywords: *Nanomedicine, Nanotechnology, Medicine.*

1. Introducción

En la presente revisión de literatura se aborda el tema del uso de la nanotecnología en el área de la salud, es decir, la nanomedicina. Dicha ciencia tiene como objetivo el control, reparación o mejora integral de todos los sistemas biológicos humanos, trabajando desde un nivel molecular con dispositivos de ingeniería y nanoestructuras para lograr beneficios médicos [1]. Cabe señalar que esta ciencia ha tenido un mayor empleo y desarrollo en los últimos años gracias a los grandes avances tecnológicos alcanzados en países desarrollados como Estados Unidos, Reino Unido, Japón y Alemania; sin embargo otros como México, Colombia y Brasil, invierten millones para el desarrollo de nanotecnología debido a que la nanomedicina promete cambios significativos en el tratamiento de muchas enfermedades cardiovasculares o neurodegenerativas de las cuales no existe tratamiento definido, y desde hace años han perjudicado la calidad de vida del ser humano; gracias a las nanopartículas y nanoestructuras empleadas se pueden obtener tempranamente diagnósticos más efectivos, terapias más eficientes, así como la posible regeneración de tejidos y órganos dañados. El principal desarrollo de la nanomedicina se remonta hacia el año de 2009, la idea de la nanotecnología se originó en el año de 1959 cuando el científico Richard Phillips Feynman, de origen estadounidense, promulgó una conferencia titulada *There's Plenty of Room at the Bottom* donde especuló con la posibilidad de manipular átomos directamente y las posibilidades que esta capacidad ofrecería [2], puesto que tenía bastante interés en superar ese reto que la nanociencia presentaba en aquel entonces, sin embargo el invento que abrió la puerta al desarrollo de la nanociencia fue el microscopio de efecto túnel en la década de los 80 con el cual se obtuvo por primera vez la visualización y manipulación de objetos de tamaño nanométrico [3].

En la actualidad la nanotecnología tiene un gran alcance ya que con ella se crearon productos y, a su vez, sistemas en campos como electrónica, energía, medio ambiente, comunicaciones y medicina, y con ello hacen que la innovación en las respectivas áreas de conocimiento sea cada vez más constante. El documento está organizado de la siguiente manera: en la sección 2, se explica de manera general que es la nanomedicina y en qué áreas se divide; en la sección 3, se dan ejemplos de las aplicaciones que la nanomedicina tiene; en la sección 4, se presenta la propuesta de clasificación reforzada con una tabla; Finalmente, se detallan las conclusiones en la sección 5.

2. Nanomedicina

Una definición aceptada actualmente de nanomedicina es, la ciencia que emplea nanomateriales para el desarrollo, diagnóstico, tratamiento y prevención de aplicación médica específica; esta definición fue establecida por el *National Institute of Health of the United States* y la *European Science Foundation* [3]. Desde hace al menos una década, debido a crisis económicas, muchos países reconocieron que la tecnología avanzada podría ser una salida para el decrecimiento que estaban experimentando, uno de los campos principales a los que se dirigieron fue a la nanotecnología. Aunque el término Nanotecnología se toma como algo distante o ilusorio, es algo con lo que interactuamos todos los días [4]. La nanotecnología es un campo de las ciencias aplicadas, enfocado en el diseño, síntesis, caracterización y aplicación de materiales y dispositivos en una escala nanométrica [5]. La nanotecnología tiene muchas aplicaciones dentro de la medicina; entre las que se encuentra el desarrollo de terapias basadas en nanopartículas y la incorporación de nanomateriales a la formación de fármacos. Además, se utiliza para mejorar los métodos de diagnósticos y el tratamiento de diversas enfermedades, entre ellas y una de las principales es el cáncer. Debido a estos usos es que se considera que la medicina es uno de los principales focos de atención de la nanotecnología. La nanomedicina tiene un gran potencial para concebir la detección temprana y prevenir posibles enfermedades, dado los tamaños de los componentes de las nanoestructuras estas son lo suficientemente pequeñas

como para penetrar en casi todos los espacios del cuerpo, incluidas células y organelos. La nanomedicina se aplica en tres áreas principales: el nanodiagnóstico, la liberación controlada de fármacos o nanoterapia y la nanomedicina regenerativa.

- **Nanodiagnóstico:** Es la identificación de enfermedades en sus estados iniciales en el nivel celular o molecular e, idealmente, al nivel de una sola célula, mediante la utilización de nanodispositivos y sistemas de contraste. Una identificación temprana permitiría una rápida capacidad de respuesta y la inmediata aplicación del tratamiento adecuado, ofreciendo así mayores posibilidades de curación. Se divide en dos principales enfoques; en primer lugar, está la creación de nanosistemas de imagen, mientras que la segunda se dedica al desarrollo de nanobiosensores, los cuales tienen un componente biológico capaz de detectar en tiempo real y con una alta sensibilidad un elemento de muestra química que puede ser identificado y cuantificado; sin embargo, ambas ramas persiguen el mismo objetivo: la identificación de enfermedades en sus estados iniciales.
- **Nanoterapia:** Es parte de la nanomedicina, consiste en la creación de nanosistemas que contengan elementos de reconocimiento para actuar, transportar y liberar medicamentos solo dentro de las células o áreas afectadas, esto con el fin de conseguir un tratamiento más efectivo y minimizar los posibles efectos secundarios. Busca diseñar y aplicar los diferentes nanomateriales que puedan identificar diferentes patologías y éstas liberen moléculas terapéuticas simultáneamente y de una forma controlada para que así estas puedan calmar estas enfermedades [6]. En general, los sistemas de liberación se han desarrollado para cambiar la vía de administración a favor del paciente, mejorar la biodisponibilidad, innovar en el perfil de liberación o mejorar una formulación para una nueva presentación y línea de venta. En contraste, la nanomedicina cambia este paradigma y propone que estos sistemas deben ser desarrollados para identificar los sitios blancos los cuales puede consistir desde un órgano, una célula, un compartimiento celular o incluso un organelo [7]. Los sistemas y las tecnologías que se han utilizado para la construcción de nanosistemas de liberación de fármacos son muy diversos [8].
- **Nanomedicina Regenerativa:** La nanomedicina regenerativa se ocupa de la reparación o sustitución de tejidos y órganos dañados mediante la aplicación de métodos procedentes de la terapia génica, la terapia celular, la dosificación de sustancias bioregenerativas y la ingeniería de tejidos, para estimular los propios mecanismos reparadores del cuerpo humano. Precisamente es en la ingeniería de tejidos donde la nanotecnología puede ser más importante [1]. La idea de esto es diseñar estructuras apropiadas para favorecer el crecimiento de tejidos en las zonas dañadas, así como la producción y organización de la matriz extracelular. No obstante, una de las principales dificultades radica en el encontrar materiales adecuados que permitan la fabricación de estructuras que mantengan activo el órgano afectado mientras se regenera la zona dañada. Entre los materiales más utilizados resaltan los nanotubos de carbono, nanopartículas como hidroxapatita o zirconio, las nanofibras de polímeros biodegradables, nanocompuestos entre otros.

3. Aplicaciones de la nanomedicina

Los usos de la nanomedicina empiezan principalmente en el tratamiento contra el cáncer o tumores, donde se aplican diferentes técnicas para expulsar las células que están dañadas o infectadas. Aunque se lleva un tiempo desarrollando tratamientos, la mayoría de estos siguen en fase de pruebas, debido a la complejidad, porque no simplemente conlleva eliminar las células dañadas sino también cuidar de las células sanas al igual de todo el organismo y esto no es nada fácil, por lo que el sistema inmunológico es complejo donde se encarga principalmente de deshacerse de células extrañas al mismo. La nanomedicina ofrece tres posibilidades para erradicar el cáncer las cuales son: la vectorización pasiva, la vectorización activa y la liberación mediada por estímulos externos.

3.1 Vectorización Pasiva

En el caso de este tratamiento, consta que las células deben tener el tamaño adecuado dependiendo del tumor. Para que sea efectivo el tratamiento debe penetrar hasta el centro de las células dañadas y a la vez evitar que las

nanopartículas sean menores a 11nm, puesto que serán eliminadas con mayor rapidez, mientras que las grandes serán menos efectivas, pero perdurarán más [9].

3.2 Vectorización activa

La vectorización activa, consta en dirigir el fármaco de manera específica al lugar donde se encuentra el tumor, en el cual se utilizan moléculas que rodean de diferentes formas un átomo central, llamados ligandos, los cuales dirigen las nanopartículas al destino. Esto se hace con el fin de que el fármaco sea más eficiente posible trabajando rápidamente el área afectada [9].

3.3 Estímulos externos

Este tratamiento se caracteriza por ser diferente a los primeros dos, debido a que funciona por estímulos que se presentan en el cuerpo, tales como la temperatura y pH de los tumores. Por ejemplo, la temperatura del cuerpo es de 35°C a 37°C, mientras que la de un tumor es de 39°C a 41°C y en el pH el cuerpo tiene alrededor de 7.4 y un tumor de 6 aproximadamente, por lo que se libera el fármaco donde se tiene estas características [9]. Otras aplicaciones La nanotecnología ha revelado nuevas propiedades de la materia, tales como: ópticas, eléctricas y mecánicas, entre otras, desconocidas hasta ahora, las cuales permiten crear diferentes aplicaciones y dispositivos más pequeños, con menos consumo de energía y con múltiples funciones. Lo que ayuda a la fabricación de herramientas menos invasivas y efectivas [10].

3.4 Nanosistemas de imagen

Este sistema se centra en el uso de la nanotecnología donde por medio de una inyección en puntos específicos, donde se busca la acumulación de las nanopartículas metálicas (partículas creadas con metales como por ejemplo el oro), debido a que por medio de este suceso se da a conocer la ubicación de las células u órganos y tejido dañado. Por medio de una tomografía de coherencia óptica donde se logra apreciar claramente en diferentes colores las formas tomadas por las nanopartículas, donde el color variará dependiendo la acumulación correspondiente, el azul representa una breve densidad y el rojo una gran densidad. Con este sistema se busca detectar rápidamente posibles enfermedades como el cáncer, tumores u otras que estén dañando interiormente el organismo [11].

3.5 Nanosensores

Un nanosensor es un dispositivo que es capaz de detectar en tiempo real, sin necesidad de marcadores fluorescentes o radioactivos y con una alta sensibilidad y selectividad todo tipo de sustancias químicas y biológicas. El principal objetivo es ganar tiempo para actuar frente a las posibles enfermedades que se puedan presentar. Está formado por una superficie de nanosensores donde se filtra la sustancia y es previamente analizada en el cual se mide la reacción de reconocimiento biomolecular y traducirla en una señal cuantificable [11]. Los nanosensores proporcionan no solo la efectividad sino también la rapidez, debido a que la mayoría de los análisis habituales tienen que ser proporcionados por personal capacitado en el área y esto resulta laborioso, por lo cual, los biosensores ofrecen la posibilidad de medidas directas, continuas, de forma rápida y con alta sensibilidad [11].

3.6 La toxicidad en las aplicaciones

Lo complicado de todas estas aplicaciones o tratamientos es que las nanopartículas pueden llegar a ser inestables, lo que provoca que induzcan toxicidad (principalmente en tratamientos contra el cáncer), debido al incremento de movilidad de las células y a su paso por las barreras celulares. El uso de las nanopartículas es esencial sustituyendo a las micropartículas, debido a que estas no son tan pequeñas para atravesar con facilidad en los tejidos del cuerpo con el fármaco. Sin embargo, también significa que el daño que hacen a las células se ve incrementado proporcionalmente por lo que es necesario ajustar repetitivamente las dosis del tratamiento y saber con exactitud la cantidad de material que llega a los órganos, si se proporciona una dosis mayor podrían aparecer efectos secundarios que podrían dañar las células [12]. Para prevenir la toxicidad se tiene que manejar con cuidado las

dosís y el tamaño de las nanopartículas condicionarán el efecto del fármaco. Si aumenta el estrés o movimiento en las células estas podrían en marcha el mecanismo de muerte inducida por lo que se tiene que tener mucho cuidado.

4. Propuesta de Clasificación

Se inició el proceso de revisión de la literatura de las siguientes bases de datos en línea: IEEE Xplore, Springer, Scopus y Elsevier. Además de estas bases de datos, el Sistema de Clasificación de Revistas Mexicanas de Ciencia y Tecnología del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) y Google Scholar. Al respecto, el Sistema de Clasificación de Revistas Mexicanas de Ciencia y Tecnología del Conacyt agrupa las revistas reconocidas por su calidad evaluadas el año anterior en las diferentes áreas del conocimiento; Google Scholar es un sitio web que proporciona artículos revisados, libros, resúmenes y artículos de editoriales académicas, sociedades profesionales, universidades y otras organizaciones académicas. Se emplearon en la búsqueda de documentos completos las siguientes cadenas de texto: *nanotecnología AND/OR medicina, nanomedicina, aplicaciones AND/OR nanomedicina, tendencias OR futuras AND nanomedicina*; en español e inglés. Para su inclusión en esta revisión, una publicación debe investigar sobre la aplicación de la nanotecnología en la medicina; pudiendo ser un diseño o implementación; y haberse publicado en el período comprendido entre los años 2011 y 2020. Se excluyeron estudios donde la información era redundante y carecía de innovación, únicamente se aceptaron publicaciones sobre nanotecnología con el enfoque hacia la química o en específico sobre la biología, debido a que esta revisión se centró, como se dijo, en el diseño e implementación de nanotecnología en la medicina. La mayoría de los resultados arrojados por las bases de datos mencionadas fueron artículos de revistas, capítulos de libros e informes de investigación, seguidos por memorias de congresos y libros. Se excluyeron revisiones de literatura y estados del arte que no se combinaban con ningún análisis de los datos recabados para obtener nuevas conclusiones; además de estudios que no cumplieron con los criterios especificados. Estas restricciones se utilizaron en una selección inicial de los resúmenes de las publicaciones. Si no había un resumen disponible, se examinó la publicación completa. Una primera selección resultó en la inclusión provisional de 73 publicaciones las cuales se fueron descartando hasta obtener los esenciales. Los 16 estudios que finalmente se obtuvieron después de una cuidadosa consideración y análisis reflejan todos los criterios de inclusión y exclusión previamente estipulados.

4.1 Tabla de Clasificación

En este apartado se analizan y discuten las publicaciones que tratan sobre el diseño e implementación de nanotecnología aplicada a la medicina. Enseguida se muestra la clasificación de estos documentos; la Tabla 1 contiene las investigaciones de acuerdo con el año y lugar de publicación, autor y título del artículo, así como la principal contribución al área de estudio.

Tabla 1. Publicaciones sobre nanotecnología y su aplicación en la medicina.

Año y lugar	Autor y título	Contribución
2013 Cuba	Frank Echevarría-Castillo. Retos de este siglo: nanotecnología y salud [1].	En este artículo se aborda la escala de trabajo de las nanotecnologías, además de brindar la definición propuesta para este término por las instituciones líderes en este campo. Se brinda información de las diferentes áreas que comprende la nanomedicina y se ofrece una breve panorámica de la nanomedicina a nivel mundial y en Cuba, y sus posibles implicaciones negativas.

2016 México	Yareli Rojas-Aguirre, <i>et al.</i> La nanomedicina y los sistemas de liberación de fármacos: ¿La revolución de la terapia contra el cáncer? [8].	En este trabajo se presentan los aspectos fundamentales de la nanomedicina y el desarrollo de nanoacarreadores de fármacos anticancerígenos, así como los retos y las perspectivas a considerar para que las nanoterapias se conviertan en una realidad.
2015 Israel	Aimt Ranjan Maity, David Stepensky. Delivery of drugs to intracellular organelles using drug delivery systems [7].	Del análisis de publicaciones en el campo de la orientación subcelular, parece que se dedican esfuerzos insuficientes al análisis cuantitativo de los principales parámetros de formulación y del destino intracelular de los DDS. En base a estos hallazgos, proporcionamos recomendaciones para futuros estudios en el campo de la entrega y focalización de medicamentos específicos de orgánulos.
2019 España	Daniel Closa. Nanomedicina [2].	Hace un gran aporte en antecedentes e introducción al mundo de la nanomedicina explicado de una manera sencilla y práctica.
2019 El Salvador	Alicia Urquilla. Impacto de la nanotecnología como revolución industrial a nivel mundial [4].	Asimismo, la nanotecnología viene a representar una revolución tecnológica, por lo que este artículo muestra de manera general como se puede implementar la innovación y creatividad en la industria para poder lograr emprendimientos en productos nano mejorados y ayudar a salir de la crisis económica.
2018 Cuba	Beatriz Cuevas Haber, Janet Cueto González. Nanotecnología. aplicaciones en las ciencias biomédicas [5].	Las extraordinarias implicaciones científicas, tecnológicas y sanitarias de la nanotecnología son prácticamente infinitas y solo están limitadas a mediano y largo plazo por la imaginación y capacidad creativa de los científicos. Este tipo de avances brinda una nueva y mejor terapéutica contra el cáncer, uso que está determinado por la naturaleza, el tamaño y la superficie de las nanopartículas.
2011 Portugal	Ruth Duncan, Rogerio Gaspar. Nanomedicine(s) Under the Microscope [6].	Se discuten los factores clave relevantes para el diseño de nanomedicinas prácticas y los mecanismos reguladores diseñados para garantizar la realización segura y oportuna de los beneficios de atención médica.

2017 España	Almudena Fernández Sanchidrián. Aplicaciones de la nanomedicina para el diagnóstico y tratamiento del cáncer de mama [9].	Gracias a la nanotecnología se han desarrollado nanosistemas que portan los fármacos y ofrecen una gran cantidad de ventajas frente a los sistemas clásicos como la posibilidad de dirigir el fármaco al lugar de acción o disminuir su degradación sistémica. Estos nanosistemas se pueden utilizar tanto para el diagnóstico como para el tratamiento de los tumores y se puede llevar a cabo a través de distintas vías como son la vectorización activa, pasiva o bien, la liberación mediada por estímulos externos como puede ser el calor. Son varios los nanosistemas ya comercializados como son el Abraxane®, el Doxil® o el ThermoDox®.
2015 Colombia	Martha Elena Londoño. Nanotecnología y nanomedicina: avances y promesas para la salud humana [10].	El acelerado desarrollo del campo de la nanotecnología y su aplicación en la medicina, han generado nuevas alternativas para el diagnóstico y el tratamiento de las enfermedades de mayor impacto en la población mundial gracias a los novedosos métodos de preparación, modificación y caracterización de materiales obtenidos con base en el conocimiento sobre el funcionamiento de la materia a nivel atómico y molecular.
2011 España	Laura M. Lechuga. Nanomedicina: aplicación de la nanotecnología en la salud [11].	Los importantes avances en el campo de la nanomedicina podrían dar lugar a sistemas de diagnosis y tratamientos terapéuticos de mayor eficacia que los existentes, lo que redundaría en una mayor calidad de vida para el hombre. Una auténtica revolución se vislumbra en el horizonte del cuidado de la salud y la tecnología médica.
2014 España	Pablo Ezquerro, Paulina Bermejo Benito. Toxicidad y nanomedicina [12].	Esta revisión quiere dar un amplio punto de vista sobre los materiales más estudiados hasta la fecha, sus usos terapéuticos y los mecanismos por los que presentan citotoxicidad. Otro de los usos serán las aplicaciones de las nanopartículas como sistemas de liberación de fármacos, enfocándose a la administración dirigida a tejidos específicos para alcanzar la concentración adecuada y disminuir la toxicidad de los fármacos.
2016 Inglaterra	Sara Hernando, Oihane Gartziandi <i>et al.</i> Advances in nanomedicine for the treatment of Alzheimer's and Parkinson's diseases [13].	El desarrollo de sistemas de suministro de fármacos nanométricos puede permitir una liberación dirigida y sostenida de tratamientos antiguos y nuevos que ofrecen una estrategia novedosa para tratar estos trastornos neurodegenerativos.

2017 Inglaterra	Jake Mazur, Kislay Roy, Jagat R. Kanwar. Recent advances in nanomedicine and survivin targeting in brain cancers [14].	Esta revisión puede proporcionar información útil sobre las nuevas opciones de tratamiento para el cáncer de cerebro, particularmente la inhibición de la survivina y la nanomedicina.
2019 Reino Unido	Naga Veera Srikanth Vallabani, Sanjay Singh, Ajay Singh Karakoti. Magnetic Nanoparticles: Current Trends and Future Aspects in Diagnostics and Nanomedicine [15].	Los MNP han encontrado un uso generalizado como agentes de contraste en las modalidades de imagen, como herramientas para la biodetección y como agentes terapéuticos y teranósticos. Múltiples formulaciones de MNP se encuentran en pruebas clínicas y pueden aceptarse en entornos clínicos en un futuro próximo.
2020 India	Chinnu Sabu, K. Pramod. Advanced Nanostructures for Oral Insulin Delivery [16].	Las nanopartículas de polímero biomimético molecularmente impreso (MIP) actúan como una forma potencial del sistema de administración de insulina oral debido a la especificidad y selectividad de la impresión al polímero, mientras que las nanopartículas cristalinas líquidas actúan como una estructura termodinámicamente estable en la administración de insulina oral. Varias nanoestructuras en desarrollo están cubiertas en este capítulo.
2017 USA	Alessandra L. Da Róz, et al. Nanoscience and its Applications [17].	Nanociencia y sus aplicaciones explora cómo se usa la nanociencia en la industria moderna para aumentar el rendimiento del producto, incluida la comprensión de cómo estos materiales y sistemas, a nivel molecular, proporcionan nuevas propiedades y fenómenos físicos, químicos y biológicos que se han utilizado con éxito en innovadores formas en una amplia gama de industrias.

Fuente: Elaboración propia.

5. Conclusiones

La nanotecnología utilizada en las ciencias médicas no ha progresado tan rápido como en otros campos científicos, sin embargo, se han descubierto diversos usos que puede tener la nanomedicina para el tratamiento de diferentes enfermedades, como el Alzheimer y el Parkinson. El uso de nuevas moléculas como factores de crecimiento, antioxidantes y quelante de metales (sustancia que forma complejos con iones de metales pesados), se han manifestado como nuevos enfoques terapéuticos. Sin embargo, estas moléculas tienen dificultades para atravesar la barrera hematoencefálica (BHE), lo que limita su efecto terapéutico. El desarrollo de sistemas de suministro de fármacos nanométricos puede permitir una liberación dirigida y sostenida de tratamientos que ofrecen una forma innovadora para tratar estos trastornos neurodegenerativos [13].

Otras de las enfermedades en las que se ha buscado emplear el uso de la Nanomedicina es en el cáncer de cerebro, esta es una enfermedad con un alto grado de riesgo de morir y de la cual no hay terapias para poder combatirlo debido al BHE dicho anteriormente, aunque actualmente hay una posibilidad de realizar usos terapéuticos contra el cáncer gracias a las nanopartículas que tienen la capacidad de pasar las barreras fisiológicas,

estas incluyen tratamientos por liposomas pegilados (medicamento que se emplea en el tratamiento de la hepatitis B crónica y la hepatitis C crónica) dirigidos al glutatión (antioxidante que participa en la inhibición enzimática, reducción de ROS e inactivación de xenobióticos, controla la permeabilidad de la membrana y el transporte de aminoácidos), por nanopartículas de oro y de óxido de hierro y de fármacos con albumina unida con nanopartículas. Además de que se ha investigado una proteína llamada survivina que también tiene el potencial como terapia contra el cáncer [14].

También se podrán checar los diferentes avances que ha tenido la nanotecnología para tratar estas diferentes enfermedades, como son las aplicaciones de nanopartículas magnéticas (MNP), que tiene diversas modalidades como los agentes fototérmicos o quimioterapéuticos, los antimicrobianos y los biosensores. Estas se pueden aplicar en aplicaciones biomédicas que tienen propiedades como lo son la estabilidad, la biocompatibilidad, entre otros. Se han investigado y desarrollado diversas modalidades de las MNP con respecto a la imagen, como la resonancia magnética y la tomografía computarizada, estas modalidades se encuentran en pruebas clínicas y que se utilizarán en entornos médicos [15].

Otros tratamientos donde se utilizan son para la administración de insulina oral, estas poseen ventajas para la utilización de nanopartículas como son el acceso a pequeñas zonas de la célula o la resolución en volúmenes pequeños del componente analito (componente de interés analítico de una muestra que se separa de la matriz), esta terapia es muy eficiente al momento de tratar la diabetes. Como algunos de los avances más recientes de la administración de insulina nanoestructurada, las nanopartículas cristalinas líquidas, los hidrogeles con impresión molecular, los transportadores a base de lípidos, los transportadores poliméricos, las nanopartículas de sílice, las nanopartículas de óxido de hierro y las nanopartículas de oro, estas dos últimas se utilizan para tratar el cáncer cerebral. Algunos de los avances que se pueden hablar a detalle son las nanopartículas de polímero biomimético molecularmente impreso (MIP) que actúan como una forma potencial de sistema de administración de insulina oral debido a la selectividad de la impresión al polímero, mientras que las nanopartículas cristalinas líquidas actúan como estructura termodinámicamente estable en la administración de insulina oral [16].

Otros temas interesantes son los que involucran el tratamiento de ataques hemorrágicos e isquémicos o las aplicaciones de la nanomedicina para cirugías plásticas y reconstructivas, pero son temas que se extienden demasiado y que todavía están muy tempranas en su desarrollo, pero que en un futuro se verá su implementación en entornos clínicos.

6. Referencias

- [1] Echevarría Castillo, F. (2013). Retos de este siglo: nanotecnología y salud. *Revista Cubana Hematología, Inmunología y Hemoterapia*, 29 (1), 3-15. Recuperado de: <http://www.revhematologia.sld.cu/index.php/hih/article/view/18>
- [2] Closa, D. (2019). *Nanomedicina*. Barcelona: RBA Libros, S.A.
- [3] Cancino, J., Marangoni, V. S., Zucolotto, V. (2017). Nanotecnologia em medicina: aspectos fundamentais e principais preocupações. *Química Nova*, 37 (3), 521-526. doi: <https://doi.org/10.5935/0100-4042.20140086>
- [4] Urquilla, A. (2019). Impacto de la nanotecnología como revolución industrial a nivel mundial. *Realidad y Reflexión*, (49), 68-72. doi: <https://doi.org/10.5377/ryr.v49i49.8063>
- [5] Cuevas Haber, B., Cueto González, J. (2018). Nanotecnología. Aplicaciones en las ciencias biomédicas. Trabajo presentado en *IV Convención Internacional Virtual de Ciencias Morfológicas (Morfovirtual)*, La Habana, Cuba. Recuperado de: <http://www.morfovirtual2018.sld.cu/index.php/morfovirtual/2018/paper/view/346/416>
- [6] Duncan, R., Gaspar, R. (2011). Nanomedicine(s) Under the Microscope. *Molecular Pharmaceutics*, 8 (6), 2101-2141. doi: <https://doi.org/10.1021/mp200394t>
- [7] Maity, A. R., Stepensky, D. (2015). Delivery of drugs to intracellular organelles using drug delivery systems: Analysis of research trends and targeting efficiencies. *International Journal of Pharmaceutics*, 496 (2), 268-274. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2015.10.053>

- [8] Rojas-Aguirre, Y., Aguado-Castrejón, K., González.Méndez, I. (2016). La nanomedicina y los sistemas de liberación de fármacos: ¿la revolución de la terapia contra el cáncer?. *Educación Química*, 27 (4), 286-291. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eq.2016.07.002>
- [9] Fernández Sanchidrián, A. (2019). *Aplicaciones de la nanomedicina para el diagnóstico y tratamiento del cáncer de mama* (Trabajo de Fin de Grado). Universidad Complutense, Madrid. Recuperado de: <https://eprints.ucm.es/56186/1/ALMUDENA%20FERNANDEZ%20SANCHIDRIAN.pdf>
- [10] Londoño, M. E. (2015). Nanotecnología y nanomedicina: avances y promesas para la salud humana. *Biomédica*, 35 (4), 1-3. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/843/84342791001.pdf>
- [11] Lechuga, L. M. (2011). Nanomedicina: aplicación de la nanotecnología en la salud. Trabajo presentado en la 9ª edición del curso de *Biología Aplicada a la Salud Humana*, Madrid. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10261/44635>
- [12] Ezquerro, P., Bermejo Benito, P. (2014). Toxicidad y nanomedicina. *Reduca (Recursos Educativos)*, 6 (1), 103-108. Recuperado de: <http://revistareduca.es/index.php/reduca/article/view/1659/1680>
- [13] Hernando, S., Gartzandia, O., Herran, E., Pedraz, J. L., Igartua, M., Hernández, R. M. (2016). Advances in nanomedicine for the treatment of Alzheimer's and Parkinson's diseases. *Nanomedicine*, 11 (10), 1-19. doi: <https://doi.org/10.2217/nmm-2016-0019>
- [14] Mazur J., Roy K., Kanwar, J. R. (2017). *Recent advances in nanomedicine and survivin targeting in brain cancers*. *Nanomedicine (Lond)*, 13 (1), 105-137. doi: <https://doi.org/10.2217/nmm-2016-0019>
- [15] Srikanth Vallabani, N. V., Singh, S., Karakoti, A. S. (2019). Magnetic Nanoparticles: Current Trends and Future Aspects in Diagnostics and Nanomedicine. *Current Drug Metabolism*, 20 (6), 457-472. doi: <https://doi.org/10.2174/1389200220666181122124458>
- [16] Sabu, C., Pramod, K. (2020). Advanced Nanostructures for Oral Insulin Delivery. En Daima H., PN N., Ranjan S., Dasgupta N., Lichtfouse E. (eds) *Nanoscience in Medicine Vol. 1*. Cham: Springer. Recuperado de: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-29207-2_6
- [17] Da Róz, A. L., Ferreira, M., de Lima Leite, F., Oliveira, O. N. (2017). *Nanoscience and its Applications*. USA: William Andrew, Elsevier. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-49780-0.00009-0>