



Organización
de las Naciones Unidas
para la Educación,
la Ciencia y la Cultura



Cátedra UNESCO
Tecnologías de apoyo para
la Inclusión Educativa



REVISTA

JUVENTUD Y CIENCIA SOLIDARIA:

En el camino de la investigación

LA NANOTECNOLOGÍA Y SU CONTRIBUCIÓN EN LA MEDICINA

Emily Geovanna Arévalo Arcentales



Mi nombre es **Emily Geovanna Arévalo Arcentales**, tengo 17 años. Estudio en el tercer año BGU del colegio fiscomisional La Salle. Me gusta bailar, ayudar a programar cámaras, cocinar, jugar futbol e indor también ver como avanza la tecnología. Quiero estudiar Nanotecnología o Ingeniería Eléctrica en la universidad.

Resumen

Este ensayo aborda el impacto transformador de la nanotecnología en la medicina moderna pues aporta una integración muy necesaria de la nanomedicina y sus multifunciones que, como una única formulación, se puede utilizar para diagnosticar, tratar y evaluar en tiempo real, destacando su papel en redefinir los paradigmas de diagnóstico, tratamiento y prevención de enfermedades.

La nanotecnología, que trabaja con estructuras del tamaño de moléculas biológicas, ha permitido avances significativos en áreas como la ingeniería de tejidos

y la administración dirigida de fármacos, ofreciendo terapias más efectivas y menos invasivas.

Este texto explora casos de estudio donde los nanomateriales y nanodispositivos han mejorado la calidad de vida de los pacientes y la eficacia de los tratamientos pues vivimos en un mundo complejo donde nuestra salud está determinada por una interacción de nuestra herencia genética. Además, discute las implicaciones éticas, económicas y sociales de integrar la nanotecnología en la medicina, así como los desafíos y perspectivas futuras de esta unión entre tecnología y biología.

La nanotecnología no solo tiene el potencial de tratar enfermedades, sino también de prevenirlas y diagnosticarlas con una precisión sin precedentes, marcando el comienzo de una era de medicina personalizada y ofreciendo esperanza a millones de personas.

Palabras clave: nanotecnología, medicina moderna, diagnóstico, tratamiento, enfermedades

Explicación del tema

La nanotecnología, ese prodigioso campo de la ciencia que opera en la escala de átomos y moléculas, ha emergido como una de las áreas más prometedoras y revolucionarias en el avance de la medicina moderna. Este ensayo se propone explorar cómo la manipulación meticulosa de la materia a escala nanométrica está contribuyendo a redefinir los paradigmas de diagnóstico, tratamiento y prevención de enfermedades, abriendo así un nuevo horizonte en el cuidado de la salud.

En las últimas décadas, la nanotecnología ha trascendido el ámbito de la ciencia ficción para convertirse en una realidad tangible que está transformando la medicina desde sus cimientos.

La capacidad de trabajar con estructuras extremadamente pequeñas, del tamaño de moléculas biológicas, ha permitido a los científicos y médicos abordar problemas médicos con una precisión sin precedentes.

Desde la ingeniería de tejidos hasta la administración dirigida de fármacos, la nanotecnología está allanando el camino hacia terapias más efectivas y menos invasivas [1],[2].

Este ensayo se adentrará en los avances más significativos que la nanotecnología ha aportado a la medicina. Se examinarán casos de estudio donde la aplicación de nanomateriales y nanodispositivos ha resultado en mejoras notables en la calidad de vida de los pacientes y en la eficacia de los tratamientos.

Además, se discutirán las implicaciones éticas, económicas y sociales que conlleva la integración de la nanotecnología en la práctica médica cotidiana, así como los desafíos y las perspectivas futuras de esta fascinante simbiosis entre la tecnología y la biología.

La promesa de la nanotecnología en la medicina no solo reside en su capacidad para tratar enfermedades,

sino también en su potencial para prevenirlas y diagnosticarlas con una precisión hasta ahora inalcanzable [3].

A través de este ensayo, se pretende proporcionar una visión comprensiva de cómo la nanotecnología está marcando el comienzo de una era en la que la medicina puede ser personalizada al nivel más fundamental, ofreciendo esperanza a millones de personas y redefiniendo lo que es posible en el cuidado de la salud [4].

La nanotecnología, la disciplina de manipular la materia a nivel molecular y atómico, se ha convertido en una fuerza revolucionaria en diversos campos. Entre sus usos más impresionantes destaca su aporte sin precedentes a la medicina.

Este artículo examina el impacto transformador de la nanotecnología en la medicina, destacando cómo ha cambiado la forma en que se diagnostica, trata y previene enfermedades.

Para comprender hasta qué punto la nanotecnología afectará a la medicina, es muy importante estudiar sus fundamentos. A nivel nanométrico, los nanomateriales y las nanoestructuras exhiben propiedades únicas que pueden traducirse en importantes beneficios médicos.

La manipulación de estas estructuras puede dar lugar a dispositivos y sistemas altamente especializados para aplicaciones médicas.

Los nanosensores son un excelente ejemplo de la aplicación de la nanotecnología al diagnóstico preciso. Estos dispositivos están diseñados para ser pequeños y detectar enfermedades de manera temprana.

Los nanosensores pueden identificar biomarcadores específicos en la sangre u otros fluidos corporales, proporcionando información detallada sobre la salud de una persona. Esta capacidad de diagnóstico avanzada no sólo acelera la identificación de enfermedades, sino que también proporciona un tratamiento más eficaz.

En el diagnóstico médico, la nanotecnología allana el camino para métodos de obtención de imágenes más precisos y no invasivos. El uso de nanopartículas en resonancias magnéticas y tomografías computarizadas proporciona imágenes de alta resolución que permiten identificar anomalías a nivel celular.

Esta capacidad de diagnóstico mejorada es esencial para controlar la enfermedad en sus primeras etapas, cuando las opciones de tratamiento son más efectivas.

Los nanosensores y las tecnologías de imágenes nanotecnológicas han cambiado la forma en que los profesionales médicos tratan enfermedades como el cáncer.

La identificación temprana de las células cancerosas y la evaluación precisa de su ubicación y extensión facilitan un tratamiento más específico y menos invasivo. En consecuencia, la nanotecnología se ha convertido en un valioso aliado en la lucha contra enfermedades graves [5].

Además de su impacto en el diagnóstico, la nanotecnología está transformando la terapia médica. La administración de fármacos mediante nanoportadores se ha mostrado especialmente prometedora.

Estos vehículos de tamaño nanométrico, como liposomas y nanocápsulas, pueden proporcionar una liberación controlada de fármacos en áreas específicas del cuerpo. Esto no sólo mejora la eficacia del tratamiento, sino que también reduce los efectos secundarios innecesarios. La nanotecnología también juega un papel clave en el tratamiento del cáncer.

El uso de nanopartículas para administrar agentes terapéuticos directamente a las células cancerosas puede minimizar el daño al tejido sano circundante [5].

Además, la capacidad de estas nanopartículas para atravesar barreras biológicas mejora la distribución del tratamiento, aumentando su eficiencia como es en el caso de Estados Unidos de América que en Octubre de 2005, la National Science Foundation anunció una serie de medidas para unificar esfuerzos a la hora de informar a la población sobre la nanotecnología e identificar las implicaciones que conlleva para la sociedad, teniendo así que esta fundación apadrina a los nuevos descubrimientos nanotecnológicos en cáncer cambiando el modo de diagnosticar, tratar y prevenir el cáncer.

Entre los tratamientos que destacaron tenemos la detección *in vitro*, que implica una serie de cambios moleculares relacionados con el cáncer en la sangre en múltiples estados moleculares (genoma, epigenoma, transcriptoma, proteoma y metaboloma), lo que ha creado nuevas oportunidades para la detección tem-

prana del cáncer. Los dispositivos de diagnóstico por biopsia líquida basados en nanotecnología ofrecen la posibilidad de un enriquecimiento altamente selectivo y sensible de las "huellas dactilares del cáncer" que circulan en la sangre para su posterior análisis ómico [6].

Otro ámbito prometedor es la aplicación de la nanotecnología a la medicina regenerativa. La ingeniería de tejidos utilizando nanomateriales puede crear andamios celulares que dirigen el crecimiento y la regeneración del tejido dañado.

Esta tecnología es particularmente importante para reparar órganos como el hígado, el corazón y los huesos. La nanotecnología ha aportado importantes avances en la ingeniería de tejidos. La capacidad de controlar las interacciones célula-andamio a nanoescala mejora la eficiencia del proceso de regeneración [8].

Esta aplicación tiene el potencial de revolucionar el tratamiento de lesiones y enfermedades degenerativas al brindar soluciones más efectivas y duraderas [9].

La bioética juega un papel fundamental en la nanotecnología ya que esta disciplina emergente plantea una serie de dilemas éticos y morales relacionados con la manipulación de la materia a escala nanométrica y sus posibles implicaciones en la salud humana y el medio ambiente.

"La integración de la bioética en la investigación y desarrollo de la nanotecnología es esencial para garantizar que los avances en este campo se realicen de manera ética y responsable, considerando los posibles impactos en la salud, la privacidad y la equidad social" [10].

A pesar de las muchas ventajas de la nanotecnología en la medicina, no está exenta de problemas y cuestiones éticas. La seguridad y la regulación son elementos clave que deben abordarse para garantizar el uso responsable de esta tecnología. La posibilidad de efectos secundarios desconocidos y la necesidad de establecer normas éticas estrictas son cuestiones a las que se debe dar prioridad en la investigación y el desarrollo de la nanotecnología.

Nanomaterial platform	Enrichment mechanism	Biofluid (volume)	Type of cancer	Reference
Proteins				
Nanotrap hydrogel core-shell nanoparticles	Affinity capture	Serum (0.2 ml)	Ovarian or prostate cancer	Fredolini, C. et al. AAPS J. 2010
PEGylated liposomal doxorubicin	Protein corona	Plasma (1 ml)	Ovarian cancer	Hadjidemetriou, M. et al. Nano Today 2020
Proteograph superparamagnetic iron oxide nanoparticles	Protein corona	Plasma (0.1 ml)	Non-small-cell lung cancer	Blume, J. E. et al. Nat. Commun. 2020
Circulating cell- free DNA (cfDNA)				
GMACS chip (silica magnetic nanoparticles)	Label free	Serum (0.5 ml)	Breast cancer	Gwak, H. et al. Biomicrofluidics 2019
Polypyrrole-coated gold nanowires	Label free	Plasma (0.2-1 ml)	Breast or lung cancer	Jeon, S. H. et al. Theranostics 2016
Circulating tumor cells (CTCs)				
Magnetic nanowires	Immunocapture (anti-pCAM, anti-EGFR, anti-N-cadherin, anti-TROP2 and anti-vimentin)	Blood (0.2-1 ml)	Non-metastatic, early stage breast cancer	Hong, W. et al. Biomaterials 2016
TiO2 nanofibers	Immunocapture (anti-EpCAM)	Blood (1 ml)	Colorectal or gastric cancer	Zhang, N. et al. Adv. Mater. 2012
PL-PEG-NH2- functionalized graphene oxide nanosheets	Immunocapture (anti-EpCAM)	Blood (1 ml)	Lung, breast, or pancreatic cancer	Yoon, H. J. et al. Nat. Nanotechnol. 2013
Carbon nanotube chip	Label free	Blood (4-8.5 ml)	Breast cancer	Loeian, M. S. et al. Lab. Chip 2019
Extracellular vesicles (EVs)				
Nano-interfaced microfluidic exosome chip (graphene oxide-polydopamine coated)	Immunocapture (anti-CD81)	Plasma (2 µl)	Ovarian cancer	Zhang, P. et al. Lab. Chip 2016
Silicon nanowires	Immunocapture (anti-EpCAM, anti-ASGPR1 and anti-CD147)	Plasma (0.5 ml)	Hepatocellular carcinoma	Sun, N. et al. Nat. Commun. 2020

Figura 1. Ejemplos de plataformas de detección de nanomateriales utilizadas en estudios de biopsia líquida de cáncer. EpCAM, molécula de adhesión de células epiteliales
Fuente: [7]

Approval (year)	Product	Company	Nanoparticle material	Drug/Mechanism	Indication
EMA (2019)	Hensify (NETXR3)	Nanobiotix	Hafnium oxide nanoparticle	Radiotherapy	Locally advanced soft tissue sarcoma (STS)
EMA (2019)	Pazenir	Ratiopharm GmbH	Nanoparticle-bound albumin	Paclitaxel	Metastatic breast cancer, metastatic adenocarcinoma of the pancreas, non-small cell lung cancer
FDA (2017) EMA (2018)	Vyxeos	Celator/Jazz Pharma	Liposome	Cytarabine/Daunorubicin	Acute myeloid leukemia
FDA (2015)	Onivyde	Merrimack Pharma	Liposome	Irinotecan	Pancreatic cancer, colorectal cancer
EMA (2010, 2013)	NanoTherm	MagForce Nanotechnologies AG	Iron oxide nanoparticles	Thermal ablation with magnetic field	Glioblastoma, prostate, and pancreatic cancer
FDA (2012)	Marqibo	Talon Therapeutics/Spectrum Pharmaceuticals	Liposome	Vincristine	Acute lymphoblastic leukemia
EMA (2009)	Mepact	Takeda Pharmaceuticals	Liposome	Mifamurtide MTP-PE	Osteosarcoma
South Korea (2007)	Genexol-PM	Samyang Biopharmaceuticals	PEG-PLA polymeric micelle	Paclitaxel	Breast, lung, ovarian cancer
FDA (1994, 2006)	Oncaspar	Enzon-Sigma-tau	Polymer protein conjugate	Pegaspargase/L-asparaginase	Acute lymphoblastic leukemia
FDA (2005)	Abraxane	Abraxis/Celgene	Nanoparticle-bound albumin	Paclitaxel	Breast and pancreatic cancer, non-small-cell lung cancer
FDA (1999)	DepoCyt	Pacira Pharmaceuticals	Liposome	Cytarabine	Neoplastic meningitis
FDA (1996)	DaunoXome	Gilead Sciences	Liposome	Daunorubicin	Kaposi's sarcoma
FDA (1995, 1999, 2007), EMA (1996, 2000), Taiwan (1998)	Doxil, Caelyx, Myocet, and Lipo-Dox	Johnson and Johnson, Schering-Plough, Teva UK, and TTY Biopharm	Liposome	Doxorubicin	Metastatic breast cancer, ovarian cancer, Kaposi's sarcoma, multiple myeloma

Figura 2. Terapias con medicamentos contra el cáncer aprobadas basadas en nanotecnología (EMA: Agencia Europea de Medicamentos; FDA: Administración de Alimentos y Medicamentos de EE. UU

Fuente: [7]

Conclusiones

La nanotecnología, el campo de investigación que manipula la materia a nivel atómico y molecular, se ha convertido en una de las fuerzas más transformadoras

y prometedoras de la medicina moderna. Este ensayo cubre varios aspectos de la nanomedicina, incluidas sus implicaciones para el diagnóstico, tratamiento y prevención de enfermedades, así como sus desafíos éticos y regulatorios.

Los nanosensores y las tecnologías de imagen avanzadas permiten detectar enfermedades en una etapa temprana con una precisión sin precedentes. Esta capacidad de diagnóstico mejorada permite tratamientos más eficaces y menos invasivos y es fundamental en la lucha contra enfermedades complejas como el cáncer. A medida que esta tecnología continúa evolucionando, su integración en la práctica médica diaria promete avances significativos en la atención médica.

Sin embargo, para garantizar el desarrollo sostenible y responsable de la nanomedicina, es fundamental abordar las cuestiones éticas y regulatorias asociadas. La nanotecnología no solo marcó el comienzo de una nueva era en la medicina, sino que también trajo esperanza a millones de personas, redefiniendo los límites de lo que es posible en la atención sanitaria.

Referencias

- [1] «libro-bioetica-y-nanotecnologia.pdf». Accedido: 23 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://shorturl.at/zgwz8>
- [2] María. Casado, *Bioética y nanotecnología*. Madrid: Civitas, 2010.
- [3] N. Pájaro Castro, J. Olivero Verbel, y J. Redondo Padilla, «Nanotecnología aplicada a la medicina», *Rev. Guillermo Ockham*, vol. 11, n.o 1, p. 125, jun. 2013, doi: 10.21500/22563202.606.
- [4] D. C. GRIMALDI, G. A. García, y C. A. Casadiego, «Nanotecnología en el diagnóstico y tratamiento médico», *Universitas Médica*, vol. 49, n.o 3, pp. 388-398, 2008.
- [5] «Actividades - Fundación Ramón Areces». Accedido: 25 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://shorturl.at/XqqhO>
- [6] National Cancer Institute, «Nanotechnology and Early Cancer Detection and Diagnosis - NCI». Accedido: 23 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://shorturl.at/KxR3y>
- [7] «Cancer Nano-Therapies in the Clinic and Clinical Trials - NCI». Accedido: 18 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://shorturl.at/v596g>
- [8] «Retos de este siglo: nanotecnología y salud», *Revista Cubana de Hematología, Inmunología y Hemoterapia*, vol. 29, n.o 1, pp. 3-15, mar. 2013.
- [9] F. E. Castillo, «Retos de este siglo: nanotecnología y salud.», *Revista Cubana de Hematología, Inmunología y Hemoterapia*, vol. 29, n.o 1, Art. n.o 1, sep. 2012, Accedido: 23 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://shorturl.at/HzeVs>
- [10] B. E. Campillo Vélez y G. L. Zuleta Salas, «Bioética y nanotecnología», *Revista Lasallista de Investigación*, vol. 11, n.o 1, pp. 63-69, ene. 2014.