DESDE 2023
https://rictrevista.org

RICT Revista de Investigación Científica, Tecnológica e Innovación

Publicación Semestral RICT Vol. 4 No. 8 (2026) P. 100-106

ISSN: 2992-7315

Nanotecnología aplicada al área médica: panorama general de las patentes concedidas en México en el periodo 2000-2025

Nanotechnology applied to medicine: an overview of patents granted in Mexico from 2000 to 2025

Roberto Soto-Vázquez[1,*], Edgar Záyago Lau[1]

[1] *Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica en Estudios del Desarrollo. Zacatecas, México.*

Resumen

La nanotecnología aplicada al sector salud, también conocida como nanomedicina, ha producido innovaciones notables en el diagnóstico, monitoreo y tratamiento de enfermedades. El objetivo de este trabajo es explorar los avances que ha tenido México en este campo a través de un análisis de patentes. La metodología de esta investigación incluyó las siguientes etapas: (1) búsqueda de patentes en la base de datos del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial, (2) registro y procesamiento de datos patentométricos en Microsoft Excel y (3) revisión del contenido de las patentes con el software Orange Data Mining. Como resultado, se identificaron 441 patentes de nanomedicina otorgadas en México durante el periodo 2000-2025, de las cuales el 75.51% son de propietarios extranjeros y el 24.49% de mexicanos. Asimismo, más de la mitad de las patentes versan sobre medicamentos y administración de agentes terapéuticos, aunque también se abordan otras áreas como diagnóstico, medicina regenerativa, dispositivos médicos y vacunas. Se concluye que la nanomedicina tiene un potencial enorme para atender los problemas de salud del país y por ello es necesario seguir fortaleciendo las capacidades tecnológicas de México en este campo.

Palabras clave: nanotecnología, medicina, nanomedicina, análisis patentométrico

Abstract

Nanotechnology applied to the healthcare sector, also known as nanomedicine, has led to remarkable innovations in the diagnosis, monitoring, and treatment of diseases. The objective of this study is to explore Mexico's progress in this field through a patent analysis. The methodology for this research included the following stages: (1) conducting a patent search in the Mexican Institute of Industrial Property database, (2) recording and processing patentometric data in Microsoft Excel, and (3) reviewing the content of the patents using Orange Data Mining software. As a result, 441 nanomedicine patents granted in Mexico during the 2000–2025 period were identified, of which 75.51% are held by foreign owners and 24.49% by Mexican owners. More than half of the patents are related to medicines and delivery systems for therapeutic agents; however, other areas, such as diagnostics, regenerative medicine, medical devices, and vaccines, are also covered. The study concludes that nanomedicine has enormous potential to address the country's health needs, and therefore it is necessary to continue strengthening Mexico's technological capabilities in this field.

Keywords: nanotechnology, medicine, nanomedicine, patentometric analysis.

1. Introducción

La nanotecnología representa uno de los avances científicos y tecnológicos más relevantes de las últimas décadas. Sus orígenes se remontan a la segunda mitad del siglo XX; el término "nanotecnología" se introdujo en 1974, y su establecimiento como nuevo campo disciplinario ocurrió entre las décadas de 1980 y 1990 [1]. La nanotecnología consiste en la aplicación de conocimientos científicos para la creación de nuevos materiales y dispositivos con dimensiones que rondan los 100 nanómetros (nm) [2]. Cuando los

*Autor para la correspondencia: Roberto Soto-Vázquez
Correo electrónico: robertosotova@gmail.com

Historial del manuscrito: recibido el 9/10/2026, última versión-revisada recibida el 13/11/2026, aceptado el 14/11/2026, publicado el 24/11/2026. **DOI:** https://doi.org/10.5281/zenodo.24504130

materiales se procesan en tamaños tan diminutos, sus propiedades físicas, químicas, eléctricas, ópticas y biológicas se modifican drásticamente [3]. Dicha escala hace que los nanomateriales puedan aplicarse a una multitud de propósitos en campos tan variados como la electrónica, la agricultura, la industria automotriz, manufactura, y la producción de energía [4]. Algunas de sus aplicaciones más sobresalientes ocurren en el campo de la salud, lo que ha dado origen a una nueva disciplina conocida como nanomedicina [5].

La nanomedicina puede definirse como el uso de la nanotecnología en la prevención, diagnóstico, monitoreo y tratamiento de enfermedades [6], empleando dispositivos y sistemas a nanoescala que permiten mejorar la eficacia de los medicamentos, realizar diagnósticos más precisos, y disminuir los efectos adversos de los procedimientos médicos convencionales [7,8]. En la literatura científica se distinguen diferentes áreas donde ha incidido la nanomedicina, las cuales se describen a continuación [9–11]:

Medicamentos y sistemas de administración de agentes terapéuticos. Los medicamentos basados en nanopartículas, en comparación con los medicamentos comunes, tienen mayor solubilidad, biodisponibilidad y selectividad [12]. En este contexto, la liberación y administración de fármacos (*drug delivery*) constituye uno de los principales campos de aplicación de la nanomedicina, ya que los sistemas nanoestructurados permiten transportar y dirigir agentes terapéuticos hacia tejidos y células específicos [13]. Estos sistemas incluyen estructuras tales como liposomas, micelas, dendrímeros y nanopartículas (en conjunto llamados nanoportadores o *nanocarriers*) que pueden transportar sustancias terapéuticas como fármacos, proteínas, péptidos y ácidos nucleicos [14,15]. Una aplicación de esto se encuentra en los nanomedicamentos oncológicos como el Doxil® [16] que, a través de formulaciones liposomales, actúan directamente sobre las células cancerosas, con lo cual se obtienen mejores resultados terapéuticos y se reducen los efectos adversos asociados a la quimioterapia convencional [17].

Terapia. La nanotecnología es fundamental en ciertos tipos de terapia médica. En fototerapia se emplean nanopartículas de oro que, al absorber luz, producen calor y destruyen las células cancerosas [18]. En radioterapia, las nanopartículas de óxido de hafnio (HfO_2) incrementan la absorción de la radiación dentro de los tumores, lo que mejora la destrucción de células cancerosas y reduce los daños a tejidos sanos [19]. En la hipertermia magnética se usan nanopartículas de óxido de hierro (Fe_xO_x) que al someterse a campos magnéticos producen calor y destruyen células tumorales [20].

Diagnóstico. Existen biosensores con componentes nanoestructurados que detectan enfermedades de forma rápida y precisa. Esto se debe a que los nanomateriales tienen mayor área superficial y reaccionan fácilmente con ácidos nucleicos, proteínas, patógenos y metabolitos [21]. Asimismo, en imagenología médica se usan agentes de contraste a base de nanopartículas que mejoran la resolución de las imágenes y permiten diagnósticos más tempranos y certeros [22].

Dispositivos médicos. La incorporación de nanomateriales en los dispositivos médicos mejora las propiedades mecánicas, produce actividad antimicrobiana y antiviral, y aumenta la biocompatibilidad. Ejemplo de esto son los implantes ortopédicos e instrumental quirúrgico con recubrimientos de nanopartículas de plata, los cuales tienen propiedades bactericidas que reducen los riesgos por infección y tienen una mayor vida útil [23].

Medicina regenerativa e ingeniería de tejidos. La nanotecnología es útil en la regeneración de tejidos y órganos, ya que varias estructuras biológicas operan en la escala nanométrica. En este sentido, los nanomateriales pueden usarse en la fabricación de andamios (*scaffolds*) que imitan la matriz extracelular, los cuales proporcionan un soporte estructural y bioquímico para el crecimiento y la diferenciación celular durante la regeneración de tejidos [24].

Vacunas. El uso de nanopartículas lipídicas o poliméricas en las vacunas permite transportar de manera eficiente antígenos o material genético hacia el interior de las células del sistema inmunitario. Estas nanopartículas protegen al componente activo para que no se degrade, aumentan la captación por parte de las células inmunitarias y pueden desencadenar respuestas inmunes más potentes [25]. El ejemplo más emblemático de esto son algunas vacunas para COVID-19, como la BNT162b2 de Pfizer-BioNTech y la mRNA-1273 de Moderna, que se desarrollaron con nanotecnología [26,27].

En este contexto, México es uno de los países líderes en investigación y desarrollo (I+D) sobre nanotecnología en América Latina, situándose solo por debajo de Brasil [28]. Esto se puede apreciar en la cantidad de publicaciones científicas de nanotecnología a nivel regional: Brasil está en primer lugar con 10326 publicaciones, seguido por México con 5532, Argentina con 2422, Chile con 1369 y Colombia con 1150 (datos obtenidos de Web of Science el 10 de noviembre de 2026 mediante la cadena de búsqueda “WC= Nanoscience & Nanotechnology” y posterior filtrado de resultados por países). Esta posición de México en el sector nanotecnológico representa una oportunidad para que nuestro país impulse la nanomedicina y la utilice para atender las necesidades de salud de la población mexicana. Por ello, es necesario indagar los progresos de México en este campo, y una forma de hacerlo es mediante un análisis de patentes.

Las patentes son documentos legales que se otorgan a personas y empresas para proteger nuevos inventos, productos o procesos. Su función es conferir derechos exclusivos a los inventores para que puedan usar, producir y comercializar sus invenciones durante un tiempo determinado [29]. Las patentes son especialmente útiles para analizar los avances tecnológicos, ya que proporcionan información detallada sobre nuevas invenciones. En este sentido, los análisis patentométricos y bibliométricos constituyen herramientas metodológicas que permiten examinar sistemáticamente la producción de conocimiento y la actividad inventiva, identificar patrones de desarrollo tecnológico y visualizar trayectorias de innovación científica y tecnológica [30,31].

El objetivo de este trabajo es explorar los avances de México en el campo de la nanomedicina, a través un análisis de las patentes concedidas en el país durante el periodo 2000-2025.

2. Materiales y Métodos

Se consultó el Sistema de Información de la Gaceta de la Propiedad Industrial (SIGA) del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI) (https://siga.impi.gob.mx/). En esta plataforma se ingresaron los parámetros que se indican en la Tabla 1. La búsqueda se limitó exclusivamente a patentes concedidas; no se tomaron en cuenta solicitudes de patentes. La delimitación del periodo 2000-2025 respondió a dos criterios. En primer lugar, se consideró el año 2000 como punto de partida, ya que a partir de ese momento el patentamiento en nanomedicina comenzó a despuntar a nivel internacional [32]. En segundo lugar, aunque la búsqueda de patentes se realizó en noviembre de 2026, el límite superior del periodo se estableció en 2025 con el propósito de trabajar con información de años completos y evitar sesgos por incluir datos parciales de 2026. Se utilizó el término "nano*" para rastrear todas las patentes que contuvieran en sus títulos y resúmenes palabras derivadas del prefijo nano-. Esta estrategia se ha utilizado en trabajos previos para localizar literatura científica relacionada con nanotecnología y nanomedicina [33,26,11]. La ventaja de utilizar el término "nano*" es que arroja una multitud de resultados que incluyen términos nanotecnológicos como "nanotecnología", "nanopartículas", "nanomateriales", "nanoestructuras", etc., así como palabras vinculadas directamente con el área nanomédica, como "nanomedicina", "nanomedicamento", "nanofármaco", "nanodiagnóstico", "nanovacunas", etc.

Tabla 1. Parámetros utilizados en el Sistema de Información de la Gaceta de la Propiedad Industrial (SIGA) para la búsqueda de patentes.

Filtros	Parámetros utilizados
Fecha de consulta	10/11/2026
Tipo de búsqueda	Especializada
Área	Patentes
Fecha de puesta en circulación	01/01/2000 – 31/12/2025
Gacetas	Patentes, registros de modelos de utilidad y de diseños industriales
Secciones	Patentes
Términos de búsqueda	[Columna título: "nano*"] OR [Columna resumen: "nano*"]

Después, se revisaron manualmente los títulos y resúmenes de todas las patentes encontradas en el paso anterior, a fin de seleccionar únicamente las que guardaban relación directa con nanomedicina. Finalmente, los datos de las patentes se procesaron con Microsoft Excel para generar gráficos a partir de los principales indicadores de patentamiento; también se usó el software Orange Data Mining para explorar el contenido de las patentes mediante una nube de palabras.

3. Resultados

La búsqueda inicial en el SIGA arrojó un total de 1930 patentes; no obstante, después de revisar los títulos y resúmenes de cada una de ellas, se descartaron 1489 por no corresponder al tema. Resultado de lo anterior, la colección final se redujo a 441 patentes de nanomedicina, cifra que incluye patentes de titulares mexicanos, así como de extranjeros que han patentado en México. En la Figura 1 se muestra la distribución anual de estas patentes a lo largo del periodo 2000-2025, según su fecha de concesión. Se aprecia que durante la primera década el patentamiento fue casi nulo, pero en los siguientes años hubo un crecimiento bastante pronunciado que alcanzó su punto máximo en 2021. Después de 2022, la cantidad de patentes disminuyó de manera importante, con un ligero repunte en 2025.

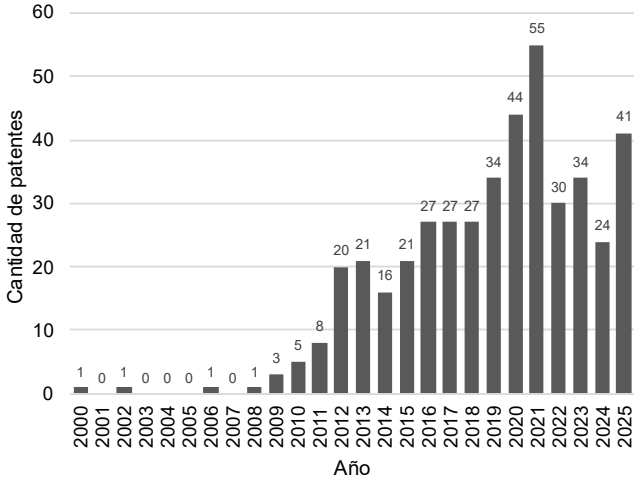

Figura 1. Patentes de nanomedicina concedidas en México entre 2000 y 2025. Se incluyen patentes de titulares mexicanos, así como de extranjeros que han patentado en México.

La Figura 2 muestra la clasificación temática de las patentes, considerando las áreas de la nanomedicina mencionadas en la introducción. Se puede observar que el área de medicamentos y administración de agentes terapéuticos concentra la mayor cantidad de patentes con el 62% del total. El resto de las áreas (terapia, diagnóstico, dispositivos médicos, vacunas y medicina regenerativa / ingeniería de tejidos) tienen una menor representación en las patentes, con porcentajes que van del 3 al 10%.

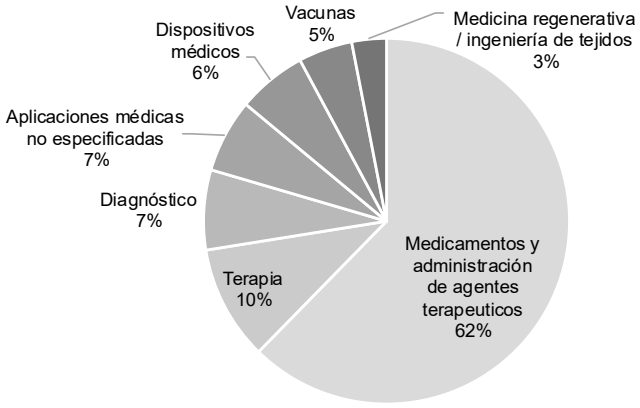

Figura 2. Áreas temáticas de las patentes de nanomedicina concedidas en México entre 2000 y 2025.

La Figura 3 muestra las patentes de nanomedicina registradas en México categorizadas por nacionalidad; solo el 24.49% pertenece a titulares mexicanos, mientras que la gran mayoría (76.51%) es de titulares extranjeros.

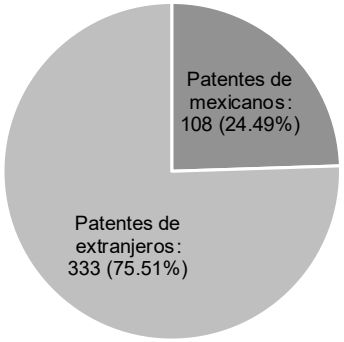

Figura 3. Distribución por nacionalidad de las patentes de nanomedicina concedidas en México en el periodo 2000-2025.

La Figura 4 exhibe las principales nacionalidades de los titulares. Se aprecia que los titulares procedentes de Estados Unidos tienen la mayor cantidad de patentes.

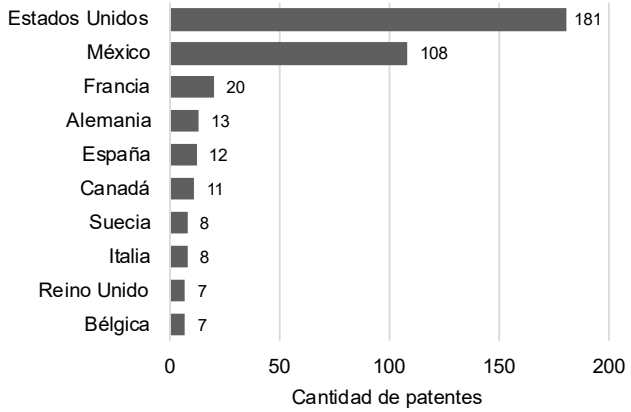

Figura 4. Principales nacionalidades de los titulares de patentes de nanomedicina en México, periodo 2000-2025.

La Figura 5 reúne los diez titulares con más patentes de nanomedicina en México. A la cabeza se encuentran dos empresas estadounidenses: Abraxis Bioscience y Selecta Biosciences. La primera tiene 31 patentes, las cuales se enfocan principalmente en la formulación de medicamentos para tratar distintos tipos de cáncer como el de páncreas [34], de vejiga [35], melanoma [36], y carcinoma hepatocelular [37]. La segunda empresa, Selecta Biosciences, posee 20 patentes relacionadas con nanopartículas para vacunas y otros usos [38]. En la misma figura también se visualizan algunas instituciones mexicanas, entre las que destacan la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL). Las patentes de la UNAM incluyen nanorrecubrimientos para implantes médicos [39], agentes antimicrobianos de aplicación tópica[40], y composiciones farmacéuticas a base de nanopartículas de plata para el tratamiento de distintos tipos de cáncer [41]. La UANL, por su parte, ha patentado nanomateriales para aplicaciones óseas y dentales [42,43], así como una formulación nanoestructurada para la regeneración de heridas diabéticas [44].

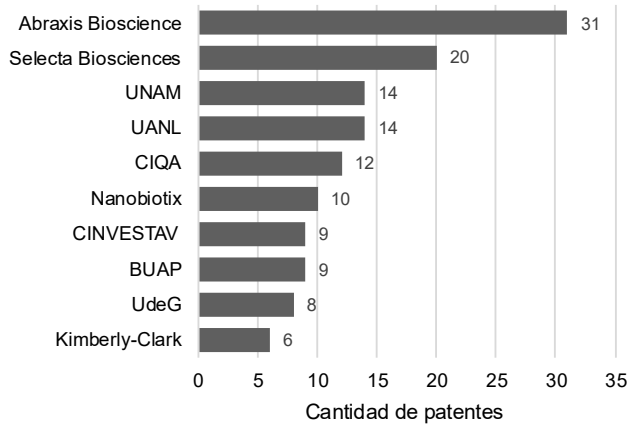

Figura 5. Empresas e instituciones con más patentes de nanomedicina en México.

Para tener una perspectiva más amplia sobre el contenido de las patentes se elaboró una nube de palabras, es decir, una representación visual de los términos más frecuentes, lo que resulta de gran utilidad para identificar los temas clave en conjuntos grandes de documentos [45]. En este caso, la nube se generó con los títulos y resúmenes de todas las patentes y el resultado se muestra en la Figura 6. A partir de los términos de mayor tamaño en la nube se puede notar que las patentes se han orientado principalmente en tratamientos contra el cáncer y en nanoportadores para la administración de fármacos.



Figura 6. Términos más frecuentes en los títulos y resúmenes de las patentes. Nube de palabras elaborada con el software Orange Data Mining.

4. Discusión

Durante las dos primeras décadas del presente siglo el patentamiento en México en el campo de la nanomedicina creció considerablemente; sin embargo, a partir de 2022 se produjo una desaceleración (Figura 1), lo que podría estar relacionado con la pandemia de COVID-19. Algunos estudios muestran que la pandemia afectó el patentamiento por varios motivos: interrupción de las labores de I+D por el cierre de laboratorios y espacios de trabajo, reducción de inversiones por la incertidumbre económica, redireccionamiento de los recursos hacia la atención de necesidades inmediatas, y retrasos administrativos e institucionales en las oficinas de

patentes [46,47]. Si bien es cierto que la pandemia tuvo sus efectos más drásticos durante 2020 y 2021, los impactos en el patentamiento se empezaron a notar a partir de 2022 debido al desfase temporal que existe entre las solicitudes y el otorgamiento de las patentes.

Más de la mitad de las patentes se enfocan en medicamentos y administración de agentes terapéuticos (Figura 2). Trabajos previos que han explorado el desarrollo de la nanomedicina a nivel internacional muestran este mismo comportamiento en la producción científica [48,49]. La predominancia de patentes en esta área podría deberse a que la formulación de medicamentos mediante nanotecnología fue precisamente uno de los temas pioneros de la nanomedicina. Desde los años noventa se han hecho investigaciones sobre el uso de nanopartículas en la liberación y administración de fármacos [50], lo que ha permitido que esta área tenga más tiempo para madurar y fructificar en productos patentables.

Del total de patentes de nanomedicina concedidas en México apenas el 24.49% es de propietarios mexicanos y el 75.51% pertenece a extranjeros (Figura 3), lo que puede explicarse por varios motivos. En primer lugar, los científicos mexicanos se enfrentan a varias limitaciones para patentar, entre las que se pueden mencionar la falta de recursos económicos, el desconocimiento sobre temas de propiedad intelectual y pocos incentivos para patentar dentro del ámbito académico [51]. En segundo lugar, México tiene un marco regulatorio que es atractivo para las inversiones en el sector farmacéutico, lo que ha propiciado que varias empresas extranjeras patenten en el país [52]. Por otra parte, la reducida participación de mexicanos en el patentamiento no es un fenómeno exclusivo del campo de la nanomedicina, sino que se observa a nivel general. De acuerdo con las cifras más recientes del IMPI, desde 1993 hasta el primer trimestre de 2026, se han otorgado 266747 patentes en México, de las cuales solo 10285 son de titulares mexicanos, lo que representa apenas el 4% del total [53]. Esto indica que las capacidades tecnológicas de México aún son limitadas y que la mayor parte del conocimiento e innovación tecnológica se produce en los países desarrollados.

La nacionalidad predominante entre los propietarios de las patentes es la estadounidense (Figura 4), lo cual refleja el liderazgo de Estados Unidos en nanomedicina a nivel global [48]. El papel tan sobresaliente de Estados Unidos en este campo se debe principalmente al financiamiento e impulso institucional que ha recibido el sector nanotecnológico en dicho país, especialmente a través de la Iniciativa Nacional de Nanotecnología [54]. Se trata de un programa gubernamental que promueve la investigación y desarrollo nanotecnológico en Estados Unidos, y que desde su fundación en 2001 hasta 2026 ha recibido un financiamiento acumulado de casi 47000 millones de dólares [55]. En consecuencia, no es de extrañar que las empresas con más patentes de nanomedicina identificadas en este estudio (Abraxis Bioscience y Selecta Biosciences) sean precisamente estadounidenses (Figura 5).

Finalmente, el análisis del contenido de las patentes reveló que uno de los temas centrales de la innovación nanomédica en México ha sido el desarrollo de tratamientos contra el cáncer (Figura 6). Este hecho es relevante para el contexto mexicano, ya que el cáncer es una de las principales causas de muerte en el país [56].

5. Conclusiones

El presente estudio permitió identificar 441 patentes de nanomedicina concedidas en México entre 2000 y 2025. Más de tres cuartas partes de estas patentes pertenecen a titulares extranjeros, lo que evidencia la fuerte presencia de empresas transnacionales que patentan en México para expandir su mercado, así como las limitaciones que enfrenan los científicos e inventores mexicanos para patentar. Un tema central en las patentes ha sido la formulación de nanomedicamentos para el cáncer, lo cual es de destacar ya que esta enfermedad es una de las principales causas de muerte en la población mexicana. Esto pone de manifiesto el potencial que puede tener la nanomedicina para atender los problemas de salud que afectan al país, y por esta razón es necesario incrementar la investigación, el desarrollo tecnológico y la innovación en este campo.

6. Agradecimientos

El primer autor agradece a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por el apoyo otorgado para realizar esta investigación.

7. Referencias

[1] Bayda, S., Adeel, M., Tuccinardi, T., Cordani, M., & Rizzolio, F. (2020). The History of Nanoscience and Nanotechnology: From Chemical–Physical Applications to Nanomedicine. *Molecules*, *25*(1), 112. https://doi.org/10.3390/molecules25010112

[2] Soto-Vázquez, R., & Záyago Lau, E. (2025). Nanotecnología en la conservación de bienes culturales. *Uni ver sita ria*, *9*(58), 63-65. https://revistauniversitaria.uaemex.mx/article/view/26845

[3] Soto-Vázquez, R., & Záyago Lau, E. (2026). Nanotechnology for the conservation of wooden cultural heritage: A bibliometric analysis. *Momento*, (73), 40-68. https://doi.org/10.15446/mo.n73.120700

[4] Malik, S., Muhammad, K., & Waheed, Y. (2023). Nanotechnology: A Revolution in Modern Industry. *Molecules*, *28*(2), 661. https://doi.org/10.3390/molecules28020661

[5] Soto-Vázquez, R., Záyago Lau, E., & Maldonado López, L. A. (2021). Gobernanza de la nanomedicina: Una revisión sistemática. *Mundo Nano. Revista Interdisciplinaria en Nanociencias y Nanotecnología*, *15*(28), 1e-25e. https://doi.org/10.22201/ceiich.24485691e.2022.28.69682

[6] Soto-Vázquez, R. (2023). La nanomedicina en México: Un análisis de las actividades de investigación y desarrollo. *Revista Avance y Perspectiva*. https://ayp.cinvestav.mx/la-nanomedicina-en-mexico-un-analisis-de-las-actividades-de-investigacion-y-desarrollo/

[7] Soto-Vázquez, R., & Foladori, G. (2023). La nanomedicina en México desde el punto de vista de los investigadores. *Temas de Ciencia y Tecnología*, *27*(80), 55-58. https://www.utm.mx/edi_anteriores/temas80/T80_N01_nanomedicina_mexico.pdf

[8] Foladori, G., Soto-Vázquez, R., Arteaga Figueroa, E., Záyago Lau, E., & Ortiz Espinoza, Á. (2024). Capítulo 14. Las nanomedicinas. En *Perspectivas sociales de las nanotecnologías en México* (1.ª ed., pp. 211-226). Tirant Lo Blanch. https://editorial.tirant.com/mex/ebook/perspectivas-sociales-de-las-nanotecnologias-en-mexico-guillermo-foladori-9788411836838

[9] Wagner, V., Dullaart, A., Bock, A.-K., & Zweck, A. (2006). The emerging nanomedicine landscape. *Nature Biotechnology*, *24*(10), 1211-1217. https://doi.org/10.1038/nbt1006-1211

[10] Pelaz, B., Alexiou, C., Alvarez-Puebla, R. A., Alves, F., Andrews, A. M., Ashraf, S., Balogh, L. P., Ballerini, L., Bestetti, A., Brendel, C., Bosi, S., Carril, M., Chan, W. C. W., Chen, C., Chen, X., Chen, X., Cheng, Z., Cui, D., Du, J., … Parak, W. J. (2017). Diverse Applications of Nanomedicine. *ACS Nano*, *11*(3), 2313-2381. https://doi.org/10.1021/acsnano.6b06040

[11] Soto-Vázquez, R. (2023). *Análisis de la investigación y desarrollo de la nanomedicina en México*. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV). https://doi.org/10.5281/zenodo.21382439

[12] Liu, Q., Zou, J., Chen, Z., He, W., & Wu, W. (2023). Current research trends of nanomedicines. *Acta Pharmaceutica Sinica B*, *13*(11), 4391-4416. https://doi.org/10.1016/j.apsb.2023.05.018

[13] Mirza, A. Z., & Siddiqui, F. A. (2014). Nanomedicine and drug delivery: A mini review. *International Nano Letters*, *4*(1), 94. https://doi.org/10.1007/s40089-014-0094-7

[14] Alshawwa, S. Z., Kassem, A. A., Farid, R. M., Mostafa, S. K., & Labib, G. S. (2022). Nanocarrier Drug Delivery Systems: Characterization, Limitations, Future Perspectives and Implementation of Artificial Intelligence. *Pharmaceutics*, *14*(4), 883. https://doi.org/10.3390/pharmaceutics14040883

[15] Shah, L., Yadav, S., & Amiji, M. (2013). Nanotechnology for CNS delivery of bio-therapeutic agents. *Drug Delivery and Translational Research*, *3*(4), 336-351. https://doi.org/10.1007/s13346-013-0133-3

[16] Barenholz, Y. (Chezy). (2012). Doxil® — The first FDA-approved nano-drug: Lessons learned. *Journal of Controlled Release, Past, current and future applications of liposomes - Grand Challenges and Opportunities in Nanomedicine*, *160*(2), 117-134. https://doi.org/10.1016/j.jconrel.2012.03.020

[17] Giri, P. M., Banerjee, A., & Layek, B. (2023). A Recent Review on Cancer Nanomedicine. *Cancers*, *15*(8), 2256. https://doi.org/10.3390/cancers15082256

[18] Yao, C., Zhang, L., Wang, J., He, Y., Xin, J., Wang, S., Xu, H., & Zhang, Z. (2016). Gold Nanoparticle Mediated Phototherapy for Cancer. *Journal of Nanomaterials*, *2016*(1), 5497136. https://doi.org/10.1155/2016/5497136

[19] Maggiorella, L., Barouch, G., Devaux, C., Pottier, A., Deutsch, E., Bourhis, J., Borghi, E., & Levy, L. (2012). Nanoscale Radiotherapy with Hafnium Oxide Nanoparticles. *Future Oncology*, *8*(9), 1167-1181. https://doi.org/10.2217/fon.12.96

[20] Bañobre-López, M., Teijeiro, A., & Rivas, J. (2013). Magnetic nanoparticle-based hyperthermia for cancer treatment. *Reports of Practical Oncology & Radiotherapy, Selected Papers Presented at the XVII SEOR Congress, Vigo, 18—21 June 2013*, *18*(6), 397-400. https://doi.org/10.1016/j.rpor.2013.09.011

[21] Chamorro-Garcia, A., & Merkoçi, A. (2016). Nanobiosensors in diagnostics. *Nanobiomedicine*, *3*, 1849543516663574. https://doi.org/10.1177/1849543516663574

[22] Gao, Z., Ma, T., Zhao, E., Docter, D., Yang, W., Stauber, R. H., & Gao, M. (2016). Small is Smarter: Nano MRI Contrast Agents – Advantages and Recent Achievements. *Small*, *12*(5), 556-576. https://doi.org/10.1002/smll.201502309

[23] Chaloupka, K., Malam, Y., & Seifalian, A. M. (2010). Nanosilver as a new generation of nanoproduct in biomedical applications. *Trends in Biotechnology*, *28*(11), 580-588. https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2010.07.006

[24] Deepika, B., Gopikrishna, A., Girigoswami, A., Banu, M. N., & Girigoswami, K. (2022). Applications of Nanoscaffolds in Tissue Engineering. *Current Pharmacology Reports*, *8*(3), 171-187. https://doi.org/10.1007/s40495-022-00284-x

[25] Zaman, M., Good, M. F., & Toth, I. (2013). Nanovaccines and their mode of action. *Methods, Nanotechology and vaccine development: methods to study and manipulate the interaction of nanoparticles with the immune system*, *60*(3), 226-231. https://doi.org/10.1016/j.ymeth.2013.04.014

[26] Soto-Vázquez, R., Zayago Lau, E., & Maldonado-López, L. (2022). Nanomedicina para enfrentar la pandemia de COVID-19: Un análisis bibliométrico de las publicaciones de Web of Science con la herramienta Bibliometrix de R. *Revista Cubana de Información en Ciencias de la Salud*, *33*, e1880. https://doi.org/10.5281/zenodo.21330653

[27] Záyago Lau, E., León Silva, S., & Soto-Vázquez, R. (2021). Nanotechnology and Covid: Technical Solutions in the Hunt for Inequality. En *Impacts of COVID-19 on Societies and Economies* (1.ª ed.). IJOPEC. http://www.ijopec.co.uk/wp-content/uploads/2022/01/2021_08.pdf#page=234

[28] Záyago Lau, E., Invernizzi, N., & Foladori, G. (Eds.). (2020). *Relevancia social de las nanotecnologías en América Latina* (1.ª ed.). Miguel Ángel Porrúa.

[29] World Intellectual Property Organization (Ed.). (2023). *WIPO Patent Drafting Manual* (2.ª ed.). World Intellectual Property Organization. https://doi.org/10.34667/tind.44657

[30] Conceição, P. C. G., de Assunção, L. M., Araújo, L. A. N., de Jesus Mota, Z., Pessoa, C. T., Jesus Assis, D. de, da Silva, J. B. A., de Souza, C. O., & Cardoso, L. G. (2026). Mapping the green biosynthesis of silver nanoparticles: A bibliometric and patentometric analysis of scientific production and technological evolution. *World Patent Information*, *86*, 102475. https://doi.org/10.1016/j.wpi.2026.102475

[31] Soto-Vázquez, R. (2025). Life-cycle assessment in mining and mineral processing: A bibliometric overview. *Green and Smart Mining Engineering*, *2*(1), 73-83. https://doi.org/10.1016/j.gsme.2025.02.001

[32] Choi, Y., & Hong, S. (2020). Qualitative and quantitative analysis of patent data in nanomedicine for bridging the gap between research activities and practical applications. *World Patent Information*, *60*, 101943. https://doi.org/10.1016/j.wpi.2019.101943

[33] Invernizzi, N., Foladori, G., Robles-Belmont, E., Záyago Lau, E., Figueroa, E. A., Bagattolli, C., Carrozza, T. J., Chiancone, A., & Urquijo, W. (2015). Nanotechnology for social needs: Contributions from Latin American research in the areas of health, energy and water. *Journal of Nanoparticle Research*, *17*(5), 233. https://doi.org/10.1007/s11051-015-3037-y

[34] Renschler, M., & Desai, N. P. (2021). *Métodos para el tratamiento de cáncer pancreático*. Patente MX 382017 B.

[35] Soon-Shiong, P., & Desai, N. P. (2016). *Métodos de tratamiento de cáncer de vejiga*. Patente MX 343671 B.

[36] Renschler, M., & Desai, N. P. (2020). *Métodos para tratamiento del melanoma*. Patente MX 377729 B.

[37] Wong, N., & Yeo, W. (2018). *Métodos de tratamiento de carcinoma hepatocelular*. Patente MX 359413 B.

[38] Johnston, L., Lipford, G. B., Bratzler, R. L., & Zepp, C. (2017). *Vacunas multivalentes de nanovehiculos sintéticos*. Patente MX 352324 B.

[39] Almaguer Flores, A., Rodil Posada, S. E., & García Pérez, V. I. (2021). *Diseño y uso de un nanorecubrimiento de óxido de titanio con estructura atómica amorfa en superficies de dispositivos biomédicos microestructurados con potencial efecto en la respuesta biológica de células mesenquimales humanas*. Patente MX 385246 B.

[40] Santos Cruz, J., Acosta Torres, L. S., Argueta Figueroa, L., Arenas Arrocena, M. C., & Nuñez Anita, R. E. (2021). *Proceso de síntesis coloidal de nanocristales de disulfuro de hierro y uso de los mismos como antimicrobianos tópicos, no tóxicos para células somáticas*. Patente MX 387037 B.

[41] Pestryakov, A., Castell Rodríguez, A. E., Juárez Moreno, K. O., García García, M. R., Bogdanchikova, N., Burmistrov, V., & Toledano Magaña, Y. (2022). *Composición farmacéutica de nanopartículas de plata y uso de la misma en el tratamiento de cáncer sin efectos genotóxicos*. Patente MX 390732 B.

[42] Chávez Montes, A., González Horta, A., Sierra García, G. D., Lara Arias, J., Castro Ríos, R., & Peña Martínez, V. M. (2020). *Formulación de nanopartículas biodegradables con un extracto de aloe vera y su incorporación en un injerto de hueso para mejor efecto osteogénico*. Patente MX 378079 B.

[43] Flores Villarreal, A. M., Moreno Cortez, I. E., Garza Navarro, M. A., de la Garza Ramos, M. A., Martínez Rodríguez, M. de los Á., Lucio Porto, R., & Tachiquin Zamorano, S. A. (2019). *Proceso para la síntesis de materiales nanofibrosos basados en alcohol polivinílico y compósitos de carboximetil-celulosa y nanopartículas de plata, material y su uso como relleno de chimenea en implantes dentales*. Patente MX 370365 B.

[44] Rodríguez Padilla, C., Zárate Triviño, D. G., & Hernández Martínez, S. P. (2022). *Formulación farmacéutica a base de nanopartículas de oro y calreticulina y su uso como agente regenerativo de heridas diabéticas*. Patente MX 393905 B.

[45] Soto-Vázquez, R. (2025). Contributions of geography to the study of mining in Latin America: A bibliometric analysis. *GeoJournal*, *90*(4), 198. https://doi.org/10.1007/s10708-025-11444-z

[46] Cope, J. A. (2022). *Has COVID-19 Affected Patenting in The United States?* [Thesis, Brigham Young University]. https://scholarsarchive.byu.edu/etd/9691

[47] Terrazas-Santamaria, D. (2024). Tendencias tecnológicas post COVID-19 en México. *Análisis económico*, *39*(100), 137-163. https://doi.org/10.24275/uam/azc/dcsh/ae/2024v39n100/terrazas

[48] Wang, J., Zhao, W., Zhang, Z., Liu, X., Xie, T., Wang, L., Xue, Y., & Zhang, Y. (2024). A Journey of Challenges and Victories: A Bibliometric Worldview of Nanomedicine since the 21st Century. *Advanced Materials*, *36*(15), 2308915. https://doi.org/10.1002/adma.202308915

[49] Dündar, M., Mechler, A., Alcaraz, J., Henehan, G., Prakash, S., Lal, R., & Martin, D. (2020). Reflections on Emerging Technologies in Nanomedicine. *Journal of Clinical Practice and Research*, *42*(4), 370. https://doi.org/10.14744/etd.2020.68542

[50] Kreuter, J. (1991). Nanoparticle-based drug delivery systems. *Journal of Controlled Release*, *16*(1), 169-176. https://doi.org/10.1016/0168-3659(91)90040-K

[51] Soto-Vázquez, R., Foladori, G., & Záyago Lau, E. (2024). Desafíos de la investigación nanomédica en México. *Entreciencias: Diálogos en la Sociedad del Conocimiento*, *12*(26), 1-21. https://doi.org/10.22201/enesl.20078064e.2024.26.87497

[52] Arcudia Hernández, C. E., & Hernández Morejón, V. (2021). Las patentes farmacéuticas en México: De la prohibición a su potenciación por el T-MEC. *Revista La Propiedad Inmaterial*, (31), Article 31. https://doi.org/10.18601/16571959.n31.04

[53] IMPI. (s. f.). *IMPI en cifras*. Recuperado 8 de mayo de 2026, de https://www.gob.mx/impi/documentos/instituto-mexicano-de-la-propiedad-industrial-en-cifras-impi-en-cifras

[54] Roco, M. C. (2023). National Nanotechnology Initiative at 20 years: Enabling new horizons. *Journal of Nanoparticle Research*, *25*(10), 197. https://doi.org/10.1007/s11051-023-05829-9

[55] National Nanotechnology Initiative. (2026). *NNI Supplement to the President's 2026 Budget*. https://www.nano.gov/2026budgetsupplement/

[56] INEGI. (2026). *Comunicado de prensa 3/26. Estadísticas de defunciones registradas (EDR)*. https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2026/edr/edr2025_CP_en-jun.pdf