

LA ENSEÑANZA DEL DERECHO SANITARIO EN LA ERA DE LA NANOMEDICINA: DESAFÍOS REGULATORIOS Y DE GOBERNANZA

Reyna Lara, Mauricio ¹

RESUMEN

En los últimos años, la relación entre nanotecnología y ciencias de la salud ha modificado de manera significativa la forma en que se entienden los procesos diagnósticos y terapéuticos. Este avance, si bien ha permitido intervenciones cada vez más precisas a nivel molecular, también ha puesto en evidencia ciertas limitaciones de los marcos jurídicos actuales, originalmente diseñados para tecnologías de otra escala. En este contexto, el artículo parte de una pregunta central: ¿hasta qué punto el Derecho Sanitario ha logrado adaptarse al ritmo de la nanomedicina? Lejos de ofrecer respuestas cerradas, el análisis plantea la necesidad de repensar los esquemas regulatorios tradicionales, incorporando enfoques que permitan anticipar riesgos sin frenar la innovación. A partir de un enfoque interdisciplinario, se propone incorporar el concepto de ciudadanía sanitaria como una herramienta que permita equilibrar la relación entre tecnología, Estado e individuo. Desde esta perspectiva, la protección de la salud no se limita al ámbito técnico, sino que implica también condiciones de transparencia, información y responsabilidad institucional. A partir de lo anterior, puede observarse que la articulación entre academia, autoridades sanitarias y centros de investigación resulta clave para construir marcos normativos más adaptativos frente a los desafíos de la medicina contemporánea.

Palabras claves: nanomedicina, Derecho Sanitario, gobernanza sanitaria, regulación en salud, tecnologías emergentes.

TEACHING HEALTH LAW IN THE AGE OF NANOMEDICINE: REGULATORY AND GOVERNANCE OBSTACLES

ABSTRACT

In recent years, the relationship between nanotechnology and the health sciences has significantly altered our understanding of diagnostic and therapeutic processes. While this advancement has enabled increasingly precise interventions at the molecular level, it has also highlighted certain limitations of current legal frameworks, which were originally designed for technologies operating on a different scale. In this context, this article analyzes the gap between the rapid development of nanomedicine and the responsiveness of health law, particularly in scenarios where scientific uncertainty remains a significant factor. Rather than offering definitive answers, the analysis highlights the need to rethink traditional regulatory frameworks, incorporating approaches that allow for the anticipation of risks without stifling innovation. Based on an interdisciplinary approach, the article proposes incorporating the concept of health citizenship as a tool to balance the relationship between technology, the state, and the individual. From this perspective, health protection is not limited to the technical sphere but also involves conditions of transparency, information, and institutional accountability. Finally, it is argued that coordination among academia, health authorities, and research centers is key to building regulatory frameworks that are more adaptable to the challenges of contemporary medicine.

Keywords: nanomedicine, Health Law, health governance, health regulation, emerging technologies

¹ Universidad Nacional Autónoma de México. Email: mreyna@unam.mx

Introducción

La nanotecnología suele describirse como el control de la materia en escalas que oscilan entre 1 y 100 nanómetros, donde los materiales adquieren propiedades físicas y químicas distintas a las observadas a mayor escala (National Nanotechnology Initiative [NNI], 2013). Sin embargo, más allá de su definición técnica, lo relevante es el impacto que estas propiedades han tenido en campos como la medicina, como por ejemplo para el monitoreo, diagnóstico, tratamiento y control de sistemas biológicos a nivel molecular (National Institutes of Health [NIH], s.f).

De acuerdo con Freitas (1999), la nanomedicina se define como el conjunto de tecnologías capaces de intervenir, monitorear y manipular los sistemas biológicos a nivel molecular mediante dispositivos diseñados con precisión nanométrica, permitiendo un control sobre los procesos fisiológicos.

Desde esta perspectiva, la nanomedicina deja de ser únicamente como una mejora tecnológica progresiva. Más bien, introduce una forma distinta de interacción con los procesos biológicos, lo que ha permitido desarrollar diagnósticos más precisos y tratamientos con mayor grado de especificidad. Sin embargo, este avance ha generado ha traído consigo una complejidad regulatoria que no siempre es fácil de abordar. El paso de lo macroscópico a lo molecular no solo implica un cambio de escala, sino también la aparición de variables de riesgo que todavía no se comprenden del todo.

Al respecto, la literatura señala que la nanotecnología posee el potencial de redefinir integralmente las estrategias de abordaje para enfermedades complejas. Como señalan con Pautler y Brenner (2010): La nanomedicina representa uno de los campos más prometedores de la medicina moderna, ya que permite desarrollar sistemas de diagnóstico y tratamientos capaces de interactuar con los procesos biológicos a nivel molecular. (p. 803)

La denominada "interacción molecular" coloca a la regulación sanitaria en una posición particularmente vulnerable. El ritmo del descubrimiento científico suele superar la capacidad de respuesta normativa de las agencias estatales, lo que deriva en vacíos legales donde la responsabilidad institucional y la seguridad jurídica del paciente quedan comprometidas. Ante esta falla, organismos internacionales, como la Organización Mundial de la Salud (OMS), han enfatizado que la adaptación de los sistemas de salud debe ser constante y proactiva. Como estrategia global, la OMS (2021) advierte que los marcos de gobernanza deben evolucionar para asegurar que las innovaciones se utilicen de forma ética, equitativa y, fundamentalmente, segura.

El presente artículo no se limita a una revisión descriptiva de la técnica nanomédica, sino que se propone como un análisis crítico y propositivo sobre la enseñanza del Derecho Sanitario en entornos de alta incertidumbre. Para alcanzar este objetivo, la investigación se articula en cuatro ejes analíticos fundamentales.

- I. Redefinir el Derecho Sanitario: no verlo como un simple catálogo de prohibiciones rígidas, sino como el escudo legal indispensable para proteger la vida y la dignidad humana frente a los peligros invisibles que ocurren a escala molecular.

- II. La nanomedicina en México hoy: tomando como base lo que señala Soto Vázquez (2024) sobre el desorden institucional y la falta de un plan nacional claro. Este análisis nos ayuda a entender cómo los problemas globales afectan nuestra realidad local, señalando los huecos en la venta y vigilancia de estos productos que ponen en riesgo nuestra salud pública.
- III. Hacia una "ciudadanía sanitaria": la idea es pasar a una forma de gobierno donde el ciudadano tenga voz. Para lograrlo, es fundamental empoderar a las personas y formar especialistas en derecho que sepan cómo lidiar con la complejidad técnica de los nanomateriales, que a veces parece una "caja negra".
- IV. Una nueva forma de enseñar derecho: necesitamos una educación que mezcle disciplinas y rompa los muros de las facultades de derecho. La conclusión es clara: academia, Estado y centros de investigación deben trabajar juntos para crear leyes que no solo reaccionen al presente, sino que se anticipen a los dilemas éticos de la medicina que viene.

Desarrollo

El Derecho Sanitario como marco jurídico de protección

El Derecho Sanitario, en las últimas décadas, ha evolucionado de manera importante. Aunque en sus orígenes se vinculaba principalmente con la regulación administrativa de los servicios de salud, hoy se reconoce como una disciplina con mayor complejidad, capaz de integrar elementos médicos, jurídicos y bioéticos.

Bajo este enfoque, Molina Velásquez y Erazo Salas (2024) nos destacan que el Derecho Sanitario constituye un elemento esencial dentro de los sistemas jurídicos contemporáneos, estableciendo bases normativas que regulan la protección de la salud y garantizan el acceso equitativo a los servicios sanitarios.

Como bien señalan esta rama debe entenderse como una "construcción jurídica que articula los conocimientos del ámbito médico y jurídico con el propósito fundamental de garantizar la protección de la vida humana" (Guerrero y Reyna, 2022, p. 4). Esta simbiosis es lo que permite que el derecho no sea un espectador del avance científico, sino un regulador proactivo.

Desde esta perspectiva, el Derecho Sanitario se fundamenta en una relación tripartita entre el Estado, los profesionales de la salud y la sociedad. Su naturaleza interdisciplinaria no es accidental, sino necesaria: la norma jurídica requiere de la precisión médica y la reflexión bioética para ser efectiva. Sin embargo, la protección de la salud pública no termina en la gestión de servicios sanitarios, sino que se extiende a la supervisión rigurosa de la investigación científica, especialmente en áreas donde la frontera entre el beneficio terapéutico y el riesgo desconocido es difusa, como ocurre con la nanomedicina.

Para profundizar en esta protección, es imperativo retomar la definición fundacional de la Organización Mundial de la Salud la cual establece que la salud es "un estado de completo bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades"(Organización Mundial de la Salud [OMS], 1948). Bajo este estándar, el

compromiso de los Estados no se limita a curar la patología, sino a garantizar un entorno de seguridad técnica y jurídica.

En México, este principio se refleja en el Artículo 4° constitucional; "toda persona tiene derecho a la protección de la salud" (Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, Art. 4°, 2024), y en la Ley General de Salud (2023), que regula el acceso a los servicios sanitarios y la protección de la salud pública.

Es aquí donde cobra vigencia la propuesta de la Ciudadanía Sanitaria. De acuerdo con Guerrero Galván y Reyna Lara (2022), la ciudadanía en el ámbito de la salud implica un empoderamiento del individuo frente a las instituciones y las tecnologías emergentes. No se limita al derecho a recibir atención, sino el derecho a una "protección de la salud" que sea transparente y responsable.

En la era de la nanomedicina, donde el paciente se enfrenta a tratamientos de escala invisible y alta complejidad, la ciudadanía sanitaria funciona como un mecanismo de defensa frente a la opacidad técnica. Por lo tanto, el Derecho Sanitario debe evolucionar hacia una gobernanza que no solo tutele la vida, sino que promueva una participación informada y una rendición de cuentas institucional efectiva.

La ciudadanía sanitaria: un nuevo paradigma frente a la innovación tecnológica

La evolución del Derecho Sanitario no puede entenderse plenamente sin la integración del concepto de Ciudadanía Sanitaria. En la doctrina tradicional, el individuo era visto principalmente como un "paciente", un sujeto pasivo receptor de servicios médicos. Sin embargo, la propuesta de Guerrero Galván y Reyna Lara (2022) plantea una ruptura con este modelo, proponiendo una ciudadanía activa que se ejerce en el ámbito de la salud. Esta visión es particularmente relevante cuando nos enfrentamos a tecnologías disruptivas como la nanomedicina, donde la complejidad técnica suele levantar una barrera de opacidad entre la innovación y el usuario final.

La ciudadanía sanitaria supone, en términos prácticos, que la protección de la salud no depende únicamente de las instituciones, sino también de la capacidad del individuo para informarse, participar y exigir condiciones adecuadas en el uso de tecnologías emergentes (WHO, 2021).

Además, este nuevo paradigma obliga a las instituciones a replantear la responsabilidad institucional. El hecho de que una tecnología sea prometedora no resulta suficiente; sino que debe ser gobernada bajo principios bioéticos que garanticen que el progreso científico no ignore la autonomía de la voluntad. La enseñanza del Derecho Sanitario, por tanto, debe centrarse en formar profesionales que entiendan que su labor es proteger esta ciudadanía. Al dotar al derecho de una visión humana y social, se construye un contrapeso necesario ante la frialdad de la técnica molecular, asegurando que la innovación esté siempre al servicio de la persona y no a la inversa.

La consolidación de la ciudadanía sanitaria requiere, como contraparte necesaria, la existencia de un Estado Sanitario robusto y responsable. Bajo la óptica de Guerrero Galván y Reyna Lara (2022), el Estado no debe limitarse a ser un gestor de recursos, sino que debe asumir una postura de garante frente a los riesgos que la tecnociencia impone a la población. La responsabilidad institucional se traduce en la obligación de actualizar

permanentemente los marcos normativos para que la innovación no devenga en desprotección. Donde nos exponen que "el Derecho Sanitario es una disciplina dúctil que debe adaptarse a las realidades sociales y científicas para no perder su eficacia protectora" (p. 109).

Esta ductilidad es la que permite al ordenamiento jurídico mexicano responder a los dilemas que plantea la escala nanométrica, donde las leyes generales de salud suelen quedar rebasadas por la especificidad técnica.

Asimismo, la ciudadanía sanitaria en la era tecnológica demanda una integración profunda de la bioética en el actuar administrativo. No se trata solo de cumplir con trámites de la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS), sino de asegurar que cada nuevo tratamiento basado en nanopartículas respete el principio de justicia distributiva y el derecho a la información del paciente. La enseñanza del Derecho Sanitario debe, por tanto, enfatizar que la protección de la salud es un valor superior que exige una administración pública transparente y capaz de comunicar los niveles de incertidumbre científica. Al fortalecer esta relación entre el ciudadano y las instituciones, se crea un ecosistema de gobernanza donde la nanomedicina puede desarrollarse no solo con eficacia clínica, sino con una sólida legitimidad social y jurídica.

La nanomedicina como innovación tecnológica en el ámbito de la salud

Reducir la nanomedicina a una cuestión de escala resulta insuficiente como una simple reducción de escala, sino como una ruptura cualitativa en la interacción entre la materia y la biología. En términos generales, esta disciplina se caracteriza por la aplicación de la nanotecnología para la prevención, diagnóstico y tratamiento, opera en la escala de 1 a 100 nanómetros, donde emergen propiedades fisicoquímicas particulares. Como señala la National Nanotechnology Initiative (NNI), los nanomateriales son materiales con menos de dimensión entre 1 y 100 nanómetros (NNI, 2023).

Desde una perspectiva más amplia, la nanomedicina no se limita a una reducción de escala, sino que implica una forma distinta de interacción entre materia y sistemas biológicos (Singh y Sinch, 2013). Jain (2017) señala que la nanomedicina se caracteriza por el uso de sistemas diseñados a escala nanométrica para mejorar la biodisponibilidad, especificidad y eficacia terapéutica de los tratamientos médicos, representando una evolución significativa frente a la farmacología convencional.

Desde trabajos tempranos como los de Pautler y Brenner (2010), la nanomedicina posee el potencial de revolucionar la salud pública al permitir intervenciones moleculares precisas que no solo extienden la duración de la vida, sino que mejoran significativamente su calidad (p. 803). En la práctica clínica contemporánea, esta promesa se ha materializado en tres ejes fundamentales que redefinieron la medicina tras la pandemia:

- Nanodiagnóstico: "Desarrollo de sistemas de análisis de imagen para detectar una enfermedad o un mal funcionamiento celular en los estadios más tempranos posibles tanto in vivo como in vitro." (Garcés y Machado, 2021)
- Nanoterapéutica y liberación dirigida (Drug Delivery): Uso de sistemas a escala nanométrica para administrar fármacos de manera controlada, optimizando su eficacia y reduciendo efectos adversos. Mientras que la liberación dirigida implica

que estos sistemas transportan el fármaco específicamente al sitio de acción. (Tewabe et. al. 2021)

- Medicina Regenerativa: Campo interdisciplinario que busca restaurar, reemplazar o regenerar células, tejidos u órganos dañados mediante terapias celulares, ingeniería de tejidos y biomateriales. (NIH, 2025)

El contexto de la investigación en México: desafíos y realidades

A pesar de estas promesas globales, la implementación en México presenta una brecha importante. De acuerdo con el análisis crítico de Soto Vázquez et al. (2024), el país aún carece de un Programa Nacional de Nanotecnología que sistematice la investigación y el desarrollo. Este vacío institucional genera que, aunque existan grupos de excelencia en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) o el Centro de investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV), sus hallazgos no logren transitar con éxito hacia el mercado sanitario.

No obstante, en el presente año, 2026, el rector de la UNAM, Leonardo Lomelí, inauguró el III Simposio y Escuela Universitaria sobre Nanomedicina y Nano- Biointerfaces, el cual tiene como objetivo investigar beneficios concretos para la salud y el bienestar individual y social. Asimismo, busca fomentar la reflexión sobre el diseño racional de nanomedicinas, la ingeniería de biomateriales para la regeneración de tejidos y la generación de estrategias entre la comunidad estudiantil e investigadores, para superar barreras en el desarrollo de herramientas destinadas al estudio de la nanomedicina.

El rector considera de suma relevancia que los estudiantes puedan imaginar nuevos paradigmas científicos a través del diálogo con investigadores; destacando que la universidad forma parte de los circuitos internacionales del conocimiento.

Por otro lado, la UNAM busca colaborar, mediante este simposio, con la Universidad de Groningen, ubicada en los Países Bajos, reconociendo la importancia de la cooperación académica y la investigación internacional para ampliar el conocimiento en el ámbito de las ciencias de la vida y los servicios de salud.

A pesar de la falta de un Programa Nacional de Nanotecnología en el país, el simposio se desarrollará en torno a “temas que ocupan un lugar en la agenda científica internacional y que ponen de relieve el potencial de la colaboración entre disciplinas para abrir nuevas rutas de diagnóstico, tratamiento e intervención terapéutica.” (Hernández, 2026) Los autores identifican que los obstáculos son estructurales; primero, que existe un “financiamiento reducido, investigaciones con poca incidencia en la sociedad, inexistencia de programas educativos específicos y una nula vinculación con el sector empresarial” (p. 1). Y segundo para el Derecho Sanitario, esta fragmentación es una señal de alerta; la falta de un registro nacional de productos nanomédicos impide una vigilancia epidemiológica efectiva, dejando a la soberanía sanitaria de México supeditada a estándares extranjeros que no siempre consideran las particularidades de nuestra población.

Riesgos emergentes y el principio precautorio al 2026

Llama la atención que las mismas características que hacen eficaces las nanopartículas son las que generan preocupación respecto a sus posibles efectos a largo plazo. A

diferencia de los fármacos tradicionales, los nanomateriales pueden acumularse en órganos vitales con consecuencias toxicológicas que la ciencia aún mapea. Bajo esta premisa, la gobernanza no debería limitarse a actuar después de la innovación.

En este escenario, fortalecer la colaboración entre científicos y juristas deja de ser opcional y se vuelve una necesidad práctica. Como sugiere la OMS (2021) en su estrategia de salud digital y tecnologías emergentes, la confianza pública depende de marcos de bioseguridad que garanticen que la innovación no vulnere el derecho a la integridad física. La nanomedicina exige, por tanto, una enseñanza del derecho que sea técnica, científica y humana, capaz de aplicar el principio precautorio sin asfixiar el progreso científico.

Desafíos regulatorios del Derecho Sanitario frente a la nanomedicina

Uno de los principales obstáculos que la nanomedicina impone al Derecho Sanitario contemporáneo no es la falta de normas, sino la obsolescencia de las categorías jurídicas tradicionales.

En este sentido, la nanomedicina plantea no solo desafíos científicos, sino también regulatorio y socioeconómicos, al introducir riesgos emergentes que requieren marcos normativos flexibles y capaces de adaptarse a la tecnología sin retrasar la innovación. (Vidal Correa, 2020)

Los marcos regulatorios globales, incluyendo el mexicano, han operado históricamente bajo una dicotomía estricta: o un producto es un fármaco (acción metabólica o química) o es un dispositivo médico (acción física o mecánica). Aun así, los nanoconstruidos poseen una naturaleza híbrida o "borderline" que desafía esta distinción, ya que su eficacia suele derivar tanto de su estructura física como de su interacción molecular.

Esta complejidad técnica ha dado lugar a lo que en la doctrina de la gobernanza se conoce como "opacidad regulatoria". Como advierte Soto Vázquez (2024), la carencia de una regulación específica en México no es un problema administrativo menor, sino una limitante estructural que impide a los sistemas de salud gestionar los riesgos biológicos de manera oportuna.

En nuestro país, al no existir un Programa Nacional de Nanotecnología que dicte las pautas de evaluación, la autoridad sanitaria se ve obligada a evaluar productos de escala atómica con herramientas diseñadas para la química macroscópica, ignorando variables críticas como la biopersistencia y la translocación orgánica de las partículas.

La gestión de la incertidumbre y el principio precautorio

Uno de los retos más profundos para la enseñanza del Derecho Sanitario es cómo legislar sobre lo que aún no conocemos plenamente. A diferencia de los materiales convencionales, los nanomateriales exhiben una toxicocinética impredecible; pueden acumularse en órganos diana de forma silenciosa durante años. Ante esta incertidumbre científica, el Derecho Sanitario debe dejar de ser una disciplina reactiva para convertirse en una normativa de anticipación fundamentada en el principio precautorio.

Bajo la óptica de Guerrero Galván y Reyna Lara (2022), el Derecho Sanitario posee un carácter "dúctil" que le permite incorporar los avances de la ciencia sin perder su esencia

protectora. En la práctica, esto significa que la regulación de la nanomedicina en 2026 no puede consistir en un sello estático de aprobación, sino en un sistema de evaluación dinámica y continua. Como se ha discutido en los foros de InnovaPRiS de la COFEPRIS (2024-2025), la vigilancia post-comercialización de los nanoproductos debe ser mucho más rigurosa que la de los fármacos tradicionales, exigiendo un monitoreo de ciclo de vida completo para garantizar la bioseguridad del paciente a largo plazo.

Gobernanza internacional vs. realidad nacional: la brecha técnica

A nivel internacional, organismos como la OMS (2021-2025) y la Agencia Europea de Medicamentos han avanzado en la creación de guías de "gestión de riesgos" específicas para la nanotecnología. Sin embargo, como señala el Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades (CEIICH) de la UNAM, estos esfuerzos resultan insuficientes si no existe una armonización legislativa que obligue a la transparencia de los datos industriales.

Para México, el desafío es doble; por un lado, la necesidad de adoptar estándares internacionales de bioseguridad y, por otro, la urgencia de fortalecer la Ciudadanía Sanitaria. No podemos hablar de gobernanza si el ciudadano, el paciente que recibe el tratamiento, no tiene acceso a una información clara sobre la naturaleza nanométrica de su terapia. Y por el otro, la enseñanza del derecho debe capacitar a los juristas para que actúen como "traductores" entre el hermetismo científico de los laboratorios y la necesidad de seguridad jurídica de la población.

Gobernanza sanitaria y responsabilidad institucional: hacia un modelo proactivo

La gobernanza en materia de nanomedicina no puede limitarse a la autorización de productos; debe evolucionar hacia un modelo de gestión del conocimiento y el riesgo. En el contexto mexicano, la gobernanza se enfrenta a una "fragmentación de esfuerzos" que, como advierte Soto Vázquez (2024), impide que la innovación científica se traduzca en beneficios sociales tangibles. Para superar este vacío, es imperativo transitar hacia un Estado Sanitario que actúe como un nodo coordinador entre la academia, la industria y el paciente.

Bajo la tesis de la Ciudadanía Sanitaria (Guerrero Galván y Reyna Lara, 2022), la gobernanza debe fundamentarse en la transparencia técnica. Esto implica que las decisiones de agencias como la COFEPRIS no solo deben ser científicamente sólidas, sino socialmente legítimas.

En la era de la nanomedicina, donde los riesgos son a menudo invisibles y de largo plazo, la gobernanza debe incorporar mecanismos de vigilancia dinámica. Como se ha propuesto en foros internacionales de bioseguridad. Esto requiere que el Derecho Sanitario establezca "protocolos de trazabilidad molecular", garantizando que la responsabilidad institucional no termine en la venta del producto, sino que cubra todo su ciclo de vida biológica.

La enseñanza del Derecho Sanitario: un enfoque pedagógico interdisciplinario

Esta sección aborda uno de los ejes centrales del artículo. La complejidad de la nanomedicina exige que la formación de los futuros juristas trascienda el aprendizaje

memorístico de la ley. La enseñanza del Derecho Sanitario en la era de la convergencia tecnológica debe ser, ante todo, una formación en la gestión de la incertidumbre.

Alfabetización científica y el jurista "traductor"

El primer reto pedagógico es la ruptura del aislamiento disciplinario. El abogado sanitario del siglo XXI debe poseer una alfabetización científica básica que le permita comprender la diferencia entre un fármaco de síntesis química y un nanoconstruido de liberación dirigida. La propuesta didáctica sugerida por el Instituto de Investigaciones Jurídicas de la UNAM enfatiza el uso del método del caso. En lugar de estudiar normas estáticas, los alumnos deben enfrentarse a dilemas reales de nanotoxicología donde el marco legal es insuficiente, obligándolos a aplicar principios de bioética y el principio precautorio para construir soluciones normativas ad hoc.

El Aula Como Espacio de Construcción de Ciudadanía Sanitaria

La enseñanza no debe limitarse a la regulación técnica; debe formar defensores de la ciudadanía. Siguiendo el material didáctico de Guerrero Galván y Reyna Lara (2022), se propone un modelo de enseñanza donde el estudiante aprenda a diseñar mecanismos de empoderamiento del paciente. Esto incluye:

1. Reinención del Consentimiento Informado: Enseñar a los alumnos a redactar documentos que expliquen la incertidumbre técnica de la nanomedicina de forma comprensible, protegiendo la autonomía de la voluntad.
2. Gobernanza Clínica: Capacitar en la supervisión de comités de ética en investigación que evalúen productos de escala molecular.

Desafíos Curriculares en el Contexto Nacional

Finalmente, es necesario abordar la carencia de programas específicos mencionada por Soto Vázquez (2024). La propuesta pedagógica de este artículo sugiere la creación de seminarios permanentes de Derecho y Nanotecnología en las facultades de derecho y de salud. Solo mediante una formación que integre la bioseguridad, la ética de datos y la regulación de tecnologías emergentes, podremos formar cuadros profesionales capaces de evitar que la innovación científica se convierta en una fuente de vulnerabilidad jurídica para la población mexicana.

Conclusiones

Más allá de los avances tecnológicos, la discusión sobre nanomedicina obliga a replantear varios supuestos del Derecho Sanitario contemporáneo.

La nanomedicina se configura hoy como una de las transformaciones más relevantes en el campo de la salud, no únicamente por su innovación tecnológica, sino por las implicaciones que genera en el ámbito jurídico. A lo largo de este análisis se observa que el paso de una medicina de escala macroscópica a una de carácter molecular ha tensionado las categorías tradicionales del Derecho Sanitario, evidenciando limitaciones en los marcos normativos actuales para responder a riesgos emergentes y escenarios de incertidumbre científica.

En este contexto, resulta claro que los modelos regulatorios centrados exclusivamente en la reacción frente al daño resultan insuficientes. Más bien, se requiere avanzar hacia esquemas de gobernanza que incorporen el principio precautorio como eje operativo, sin que ello implique obstaculizar el desarrollo científico. Este equilibrio, aunque complejo, es fundamental para asegurar que la innovación tecnológica no derive en escenarios de desprotección para los pacientes.

Un elemento central que emerge del estudio es la relevancia de la ciudadanía sanitaria como categoría jurídica y social. Más que concebir al individuo como un sujeto pasivo dentro del sistema de salud, esta perspectiva permite reconocerlo como un actor con capacidad de exigir información, transparencia y rendición de cuentas frente al uso de tecnologías emergentes. En un entorno donde los procesos terapéuticos operan a escalas invisibles y con efectos aún en evaluación, este tipo de participación adquiere una importancia particular.

No obstante, para que este modelo sea viable en el contexto mexicano, es necesario atender las debilidades estructurales identificadas, especialmente la fragmentación institucional y la ausencia de estrategias nacionales articuladas en materia de nanotecnología. Sin una política pública clara que vincule la investigación científica con la regulación sanitaria, los avances en nanomedicina difícilmente podrán traducirse en beneficios tangibles para la población.

Finalmente, uno de los hallazgos más relevantes apunta hacia el papel de la educación jurídica. La enseñanza del Derecho Sanitario enfrenta el reto de adaptarse a entornos donde la complejidad técnica es cada vez mayor. Desde la perspectiva de este trabajo, formar perfiles capaces de comprender, interpretar y traducir el conocimiento científico se vuelve una necesidad más que una opción. Una formación interdisciplinaria, que integre elementos de bioética, bioseguridad y análisis de riesgo, permitirá que los futuros profesionales del derecho no solo respondan a los cambios, sino que participen activamente en su regulación.

En conjunto, estos elementos muestran que el futuro del Derecho Sanitario no depende únicamente de la creación de nuevas normas, sino de la capacidad de articular conocimiento, instituciones y ciudadanía en torno a un objetivo común: garantizar que el desarrollo de la nanomedicina se traduzca en bienestar social, sin comprometer la dignidad humana ni la seguridad jurídica de las personas.

Referencias

- Congreso de la Unión. (2023). *Ley General de Salud*. Diario Oficial de la Federación.
<https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGS.pdf>
- Congreso de la Unión. (2024). *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*.
<https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/CPEUM.pdf>
- Freitas, R. A., Jr. (1999). *Nanomedicine: Vol. I. Basic capabilities*. Landes Bioscience.
- Garcés, Y., y Machado, E. (2021). *Bases científicas del uso del nanodiagnóstico en la práctica médica*.

- Guerrero Galván, L. R., y Reyna Lara, M. (2022). *Ciudadanía sanitaria: Una propuesta de material didáctico*. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Jurídicas.
- Hernández, M. (2026). *Concebir lo diminuto para crear grandes resultados: En nanomedicina, la UNAM traduce la investigación de vanguardia en beneficios concretos*. Gaceta UNAM.
- Jain, K. K. (2017). *The handbook of nanomedicine* (3ª ed.). Humana Press.
- Molina Velásquez, J. I., y Erazo Salas, S. P. (2024). La importancia del Derecho Sanitario en la legislación en salud. *Alerta*, 7(2), 173–175. <https://doi.org/10.5377/alerta.v7i2.17583>
- National Institutes of Health (s.f.) *Nanomedicine*. U.S. Department of Health and Human Services. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/mesh/68050997>
- NIH. (2025). *Regenerative medicine*. <https://www.nih.gov/about-nih/nih-turning-discovery-into-health/transformational-technologies/regenerative-medicine>
- National Nanotechnology Initiative. (2023). *About nanotechnology*. <https://www.nano.gov/about-nanotechnology/>
- Organización Mundial de la Salud. (1948). *Constitución de la Organización Mundial de la Salud*. <https://apps.who.int/gb/bd/PDF/bd48/basic-documents-48th-edition-sp.pdf>
- Pautler, M., y Brenner, S. (2010). Nanomedicine: promises and challenges for the future of public health. *International journal of nanomedicine*, 5, 803–809. <https://doi.org/10.2147/IJN.S13816>
- Singh, S., y Singh, A. (2013). Current status of nanomedicine and nanosurgery. *Anesthesia, essays and researches*, 7(2), 237–242. <https://doi.org/10.4103/0259-1162.118976>
- Soto Vázquez, R., Foladori, G., y 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>
- Tewabe, A., Abate, A., Tamrie, M., Seyfu, A., & Abdela Siraj, E. (2021). Targeted Drug Delivery - From Magic Bullet to Nanomedicine: Principles, Challenges, and Future Perspectives. *Journal of multidisciplinary healthcare*, 14, 1711–1724. <https://doi.org/10.2147/JMDH.S313968>
- Vidal Correa, L. E., (2020) *Nanomedicina: aspectos regulatorios y socioeconómicos*. Instituto de Investigaciones Jurídicas. UNAM.
- World Health Organization. (2021). *Global strategy on digital health 2020–2025*. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240020924>