



EDUCACIÓN DE LAS NANOTECNOLOGÍAS EN MÉXICO Y LAS IMPLICACIONES SOCIALES, RIESGOS Y MEDIO AMBIENTE

Education of nanotechnologies in Mexico and the social implications, risks and the environment

Laura Liliana Villa Vázquez¹

¹ Unidad Académica de Economía. Universidad Autónoma de Zacatecas, México

KEYWORDS

Nanotechnology
Education
Mexico
Social Implications
Risks
Environment

ABSTRACT

Currently, no economic sector worldwide does not incorporate nanotechnologies (NTs) in its production processes or in a wide variety of products distributed in global markets. Several countries, including Mexico, do not have programs that compile information regarding the development of these technologies. This paper systematizes information regarding higher education institutions (HEIs) that grant undergraduate or postgraduate academic degrees in NTs in Mexico. In addition, it explores whether the curricula include the issues of social implications, risks, and the environment. Mexico is the second country in Latin America, after Brazil, to endorse nanotechnology development.

PALABRAS CLAVE

Nanotecnología
Educación
México
Riesgos
Implicaciones Sociales
Medio ambiente

RESUMEN

En la actualidad no hay sector económico a nivel mundial que no incorpore las nanotecnologías (NTs) en sus procesos productivos o en una gran variedad de productos distribuidos en los mercados globales. Varios países, incluyendo México no cuentan con programas que compilen informar respecto al desarrollo de estas tecnologías. En ese sentido, el presente trabajo sistematiza información referente a las instituciones de educación superior (IES) que otorgan grados académicos de licenciatura o posgrado en NTs en el país. Se explora si los planes de estudios contemplan los temas de implicaciones sociales, riesgos y medio ambiente.

Recibido: 12/07/2022

Aceptado: 20/09/2022

1. Introducción

México es uno de los países líderes en América Latina en cuanto al avance de las nanotecnologías al considerar infraestructura, recursos humanos, financiamiento y producción científica en el tema. Se ubica solamente después de Brasil al tomar en cuenta recursos humanos, infraestructura y financiamiento (Záyago et al., 2020). Existen múltiples Instituciones de Educación Superior (IES) que ofrecen programas en nanotecnología; entre otras, la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), el Instituto Politécnico Nacional (IPN) y la Universidad Metropolitana (UAM). Otros esfuerzos por desarrollar estas tecnologías son los Laboratorios Nacional de Nanotecnología (CIMAV) y el Laboratorio Nacional de Investigaciones en Nanociencias y Nanotecnología (LINAN). De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en su Encuesta sobre Investigación y Desarrollo Tecnológico (ESIDET), durante el año 2016 se reportaron 144 empresas que realizaban actividades relacionadas con el uso de nanotecnologías, además de 69 empresas que emprendieron investigación y desarrollo (I+D) (INEGI, 2017).

En México, la especialización en nanotecnologías (NTs) va de la mano con la certificación de la institución otorgante respecto al contenido curricular del plan de estudios de los grados de técnico superior universitarios (TSU), licenciatura, maestría o doctorado; es decir, la Secretaría de Educación Pública (SEP) otorga los certificados que validan el plan de estudios y la emisión de títulos correspondientes a la especialización. En este trabajo se sistematiza la información referente a las instituciones de educación superior (IES) que otorgan grados académicos de licenciatura o posgrado en NTs. A partir del despliegue de la metodología de búsqueda se lograron ubicar un total de 60 programas sobre el tema.

2. Objetivo

El presente trabajo tiene como meta identificar y compilar los programas de educación superior orientados al estudio de las nanotecnologías en México. Esto tiene justificación a partir del ascenso que las tecnologías de lo diminuto han tenido en los últimos años, a la vez que han motivado a países tanto del norte como del sur global a emprender programas académicos en ese tema. A la par de lo anterior, se revisarán los planes y programas de estudio en “Nano”, con el objetivo de explorar que importancia en la tira de materias se le asigna a los temas de riesgos, implicaciones sociales y medio ambiente.

3. Metodología

Las herramientas metodológicas se desplegaron en dos momentos. El primero, implicó la definición de criterios de búsqueda para determinar qué programas educativos se incluían en la base de datos. La segunda, a partir de herramientas descriptivas, se desarrolló para especificar e informar sobre la ubicación y características de los programas académicos que ofrecen grados universitarios en materia nanotecnológica.

3.1. Relevamiento de datos

Esta fase implicó una estrategia de búsqueda organizada a partir de la información disponible en la *web*. La información aquí descrita es vigente al primer trimestre del 2022. La investigación de programas educativos de técnico superior universitario, licenciatura, maestría y doctorado en NT en México conllevó un proceso de sistematización y organización de la información para ubicar a las distintas universidades, laboratorios y centros de investigación públicos y privados con oferta educativa en el tema. Se partió de identificar a todas las instituciones otorgantes de grados que incluyeran el prefijo “nano”. Este criterio pudiera dejar fuera a varios programas de diversas instituciones, ya que muchas carreras o posgrados podrían tener algún énfasis en NTs, sin necesariamente especificarlo en el título de los grados otorgados. No obstante, este trabajo es una aproximación organizada de la información disponible que da cuenta de la diversidad de programas y su ubicación en la República Mexicana. La investigación se llevó a cabo durante 8 meses. Abarcó el periodo de junio de 2021 a marzo del 2022 y se organizó a partir de una búsqueda en los sitios web de cada institución educativa. Se tomó como referencia los anuarios estadísticos de la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior de México (ANUIES, 2021) y la base de datos de instituciones de educación superior de la SEP (2021). Se pasó revista a las 4,136 instituciones de educación superior de México.

Al operador de búsqueda “nano” se le sumaron varios prefijos que refieren a los niveles de educación superior (técnico superior universitario, licenciatura, ingeniería, maestría, doctorado).

3.2. Exposición de resultados

Posteriormente, para ilustrar la ubicación, el nivel, y la orientación general de los programas, así como la cobertura de temas relacionados con las implicaciones sociales y ambientales, se organizó la información en tablas, gráficos y mapas con georeferencia. De esta forma se logró consolidar la primera base de datos dinámica (se actualizará periódicamente) sobre programas educativos de nanotecnología en México y la formación en temas sobre riesgos, implicaciones sociales y ambientales.

Lo anterior es de suma importancia, ya que, a pesar del amplio desarrollo de las nanotecnologías a nivel mundial en las últimas décadas, la preocupación por los potenciales riesgos a la salud, y de las implicaciones sociales en sentido amplio jurídicos, éticos, de vigilancia social, etc.) no se han integrado de forma sistemática a la investigación y desarrollo, y a la producción y mercado de nanotecnologías (Casado et al., 2021). Una vez identificados los centros de enseñanza superior en el tema, este trabajo buscó analizar los programas de estudio para detectar la presencia de estas temáticas largamente relegadas. Para ello, una vez que se depuró la información de los programas se analizó el contenido curricular de cada uno de ellos para verificar si tenían asignaturas que en su denominación se vincularan con riesgos, implicaciones sociales y medio ambiente.

4. Discusión y análisis

4.1. Nanoeducación en México

El desarrollo que han tenido las nuevas tecnologías (robótica, biotecnología, el internet de las cosas, genómica y las propias nanotecnologías) en las últimas décadas, han transformado la estructura productiva mundial y, orientado a las Instituciones de Educación Superior formadoras de recursos humanos a diseñar planes y programas acordes a los requerimientos de los nacientes paquetes tecnológicos. Las nanotecnologías, por ejemplo, al desarrollar características de “compresión y control en dimensiones de aproximadamente entre 1 y 100 nanómetros” (NNI, 2022a), asumen propiedades distintas a la materia en tamaño mayor (resistencia, conductividad, magnetismo, etcétera), que pueden ser explotadas en el desarrollo de aplicaciones industriales novedosas (Arteaga et al., 2020). La posibilidad de manipular a escala nanométrica la materia potencializa sus propiedades, de ahí la importancia que tiene para los distintos sectores económicos y productivos. La transversalidad de las NTs ha generado que su aplicación esté presente en todas las cadenas de producción globales, ya sea como medio de producción o producto final; además converge con otras tecnologías para cumplir de forma más eficiente con sus objetivos. La nanotecnología está ayudando a mejorar considerablemente, e incluso revolucionar, muchos sectores tecnológicos e industriales: tecnología de la información, seguridad nacional, medicina, transporte, energía, seguridad alimentaria y ciencias ambientales, entre otras áreas (NNI, 2022b).

El antecedente por institucionalizar las NTs lo encontramos en Estados Unidos de América con su Iniciativa Nacional de Nanotecnología, lanzada en 2001. Acciones que fueron replicadas por China, la India, la Unión Europea y demás países sin distinción de progreso o desarrollo económico. Más allá de la posición de México en el mundo nanotecnológico de América Latina, el país no cuenta con política pública o programa destinado a impulsar estas tecnologías. Su desarrollo se ha organizado indirectamente desde el CONACYT (por extenso), mediante distintos programas como ciencia básica, fondos mixtos, ciencia de frontera, el programa de Estímulos a la Innovación (PEI), financiamiento público para laboratorios especializados o centros de investigación. A pesar de la falta de una política específica, varias universidades e instituciones de educación en México han abierto programas académicos con énfasis en estas tecnologías.

La información sobre programas de NTs en México es dispersa y difícil de organizar, en ese sentido el Proyecto Ciencia de Frontera 304320/2019 (Conacyt) se ha dado a la tarea de sistematizar la información al respecto. Si bien, el modelo imperante en la educación superior por competencias obliga a establecer las habilidades que habrá de adquirir el estudiante, éstas son genéricas, lo que condiciona ambigüedades respecto al conocimiento técnico concreto que adquiere un especialista en NTs. La novedad del campo, vigorizado por

un mercado laboral cambiante y el creciente número de productos en los anaqueles con el prefijo “nano”, han promovido la apertura de un amplio número de programas en distintos niveles de educación superior en México.

A nivel mundial, existen varias bases de datos que compilan cursos, carreras técnicas y profesionales, especialidades, maestrías y doctorados sobre estas tecnologías. Uno de los que se actualizan de manera recurrente es el elaborado por *Nanowerk*. Se trata de una página especializada que da seguimiento al desarrollo de las NTs. No es un registro exhaustivo, pero mantiene una política de actualización de información. Al 14 de marzo de 2022, la página registra 67 licenciaturas, 147 maestrías, 39 doctorados y otros 26 programas de certificación en más de 30 países. Estados Unidos de América lidera con 68 programas (9 licenciaturas, 26 maestrías, 17 doctorados y 16 grados técnicos) (Nanowerk, 2022). Para el caso de América Latina, solamente se menciona a Colombia, con una licenciatura y un programa de certificación de nivel de especialidad. No se registran a países como Brasil, México y Argentina, que cuentan con un amplio número de programas educativos sobre nanotecnología.

La primera universidad mexicana que inauguró un programa universitario en el tema fue la Universidad de las Américas en Puebla (UDLA), la cual, en 2006, abre la licenciatura en nanotecnología e ingeniería molecular (Takeuchi & Mora Ramos, 2011). Este programa aún está vigente. Diez años después, en 2016, Juanico y colaboradores identificaron 25 licenciaturas con especialidad en NTs, aunque no detallan el método de búsqueda o criterio para obtener la información.

El registro de las licenciaturas e ingenierías¹ se realizó por separado respetando la denominación del programa educativo, lo cual para efectos de esta investigación clarifica el énfasis en el programa educativo. Se aclara que, bajo la integración del Sistema Educativo Nacional, el nivel educativo se divide en: técnico superior universitario, licenciatura y posgrado (especialidad, maestría y doctorado) (SEP, 2015). El sistema de educación superior incluye a las universidades públicas (estatales y federales), a los centros públicos de investigación, a las universidades tecnológicas, a los institutos tecnológicos, las universidades estatales con apoyo solidario, a los institutos tecnológicos descentralizados, a las universidades politécnicas y todas las instituciones privadas del país.

En lo que refiere a esta investigación, se encontraron 8 grados de técnicos superiores universitarios² (TSU), 23 ingenierías, 6 licenciaturas, 10 maestrías, y 10 doctorados, con un total de 57 grados académicos en México con el prefijo nano (Anexo A). El Instituto Tecnológico de Monterrey, oferta en dos campus (Estado de México y Monterrey) los programas educativos de ingeniería, maestría y doctorado en NTs, de ahí que exista una divergencia al número de grados en las tablas I y II con respecto a la III.

Los 8 programas de TSU son ofertados por Universidades Tecnológicas³, brindado la opción al egresado de cursar 5 cuatrimestres más para la obtención de su título de Ingeniero en Nanotecnología. Destaca que su diseño curricular se orienta hacia los nano-materiales y comparten el plan de estudios. Se identificaron 25 programas de licenciatura o ingeniería de universidades o instituciones de educación superior públicas que otorgan algún grado con el prefijo “nano” en el certificado de estudios y 4 de universidades o instituciones de educación superior privadas, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidentes (ITESO), Universidad de las Américas (UDLA) y el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM)⁴. Existe una diferencia en denominación entre las licenciaturas e ingenierías que se ubicaron. Esto deriva de su registro ante la SEP, ya que en términos de niveles de educación superior el grado de ingeniero es equivalente al de licenciatura. No obstante, las ingenierías presuponen una profundización en la orientación tecnológica aplicada. En cuanto a los posgrados ofertados en México, se encontraron 10 programas correspondiente a maestrías y 10 a doctorados; de ellos, 18 son opciones en IES públicas y Centros de Investigación CONACyT, mientras que los 2 restantes (una maestría y un doctorado) se brindan por el ITESM (IES privada).

¹ Las ingenierías representan una modalidad de licenciatura.

² Se refiere a programas educativos de corta duración (2 a 3 años), cuyo objetivo es el aprendizaje práctico que permita su rápida incorporación al mercado laboral.

³ El objetivo de las Universidades Tecnológicas es la formación de cuadros profesionales para el sector productivo.

⁴ Oferta la carrera de Ingeniería en Nanotecnología en dos campus.

Tabla I. Programas de educación superior ofertados en México en nanotecnología (2021)

TSU	8
Ingeniería	23
Licenciatura	6
Maestría	10
Doctorado	10
	57

Elaboración propia (2022)

Tabla II. Programas académicos en nanotecnología ofertados por IED públicas y privadas

Instituciones de Educación Superior Públicas	52
Instituciones de Educación Superior Privadas	5
	57

57

Elaboración propia (2022)

Al ordenar la información de los programas educativos por entidad federativa, encontramos que de los 32 estados existe oferta educativa en 21. El Estado de México, Baja California, Nuevo León, Hidalgo, Querétaro y Jalisco son los que concentran el mayor número de instituciones otorgantes, como lo podemos observar en la tabla III.

Tabla III. Programas de nanotecnología por entidad federativa (2021)

Estado de México	8
Nuevo León	6
Baja California	5
Hidalgo	4
Querétaro	4
Jalisco	4
SLP	3
Morelos	3
Tabasco	3
Chihuahua	3
Veracruz	3
Michoacán	2
Tamaulipas	2
Ciudad de México	2
Sonora	2
Puebla	1
Sinaloa	1
Coahuila	1
Durango	1
Guanajuato	1
Chiapas	1

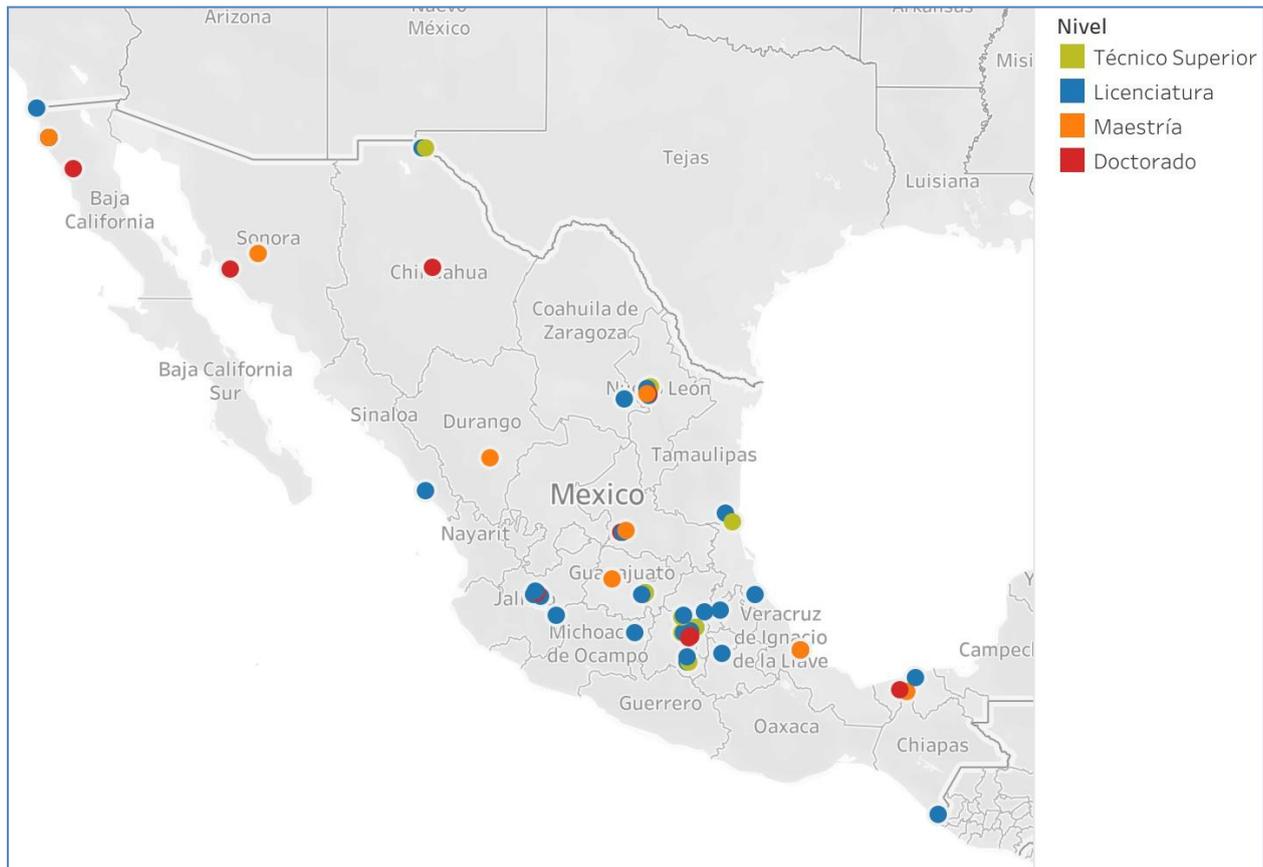
Elaboración propia (2022)

60

Las entidades federativas que cuentan con más programas educativos en NTs son estados que históricamente han tenido mayor dinamismo económico, lo que puede implicar vínculos más cercanos a la

actividad industrial. Existen otros estados como Chiapas, Veracruz, Tabasco Durango, Michoacán, Morelos y Sinaloa que mantienen una vocación hacia la actividad primaria (agropecuaria) y terciaria (servicios). La mayor parte de la oferta educativa en NTs se despliega desde las Facultades de Física, Ciencias Básicas, Ciencias Exactas e Ingeniería, así como desde Centros de Investigación Públicos. Se presenta un gráfico (1) georeferenciado que ilustra la ubicación de los distintos programas por nivel a lo largo y ancho de la República Mexicana.

Gráfico 1. Ubicación por nivel en IES de programas Nano en México



Elaboración propia con información de Villa y Figueroa (2022)

La novedad de las nanotecnologías plantea nuevas formas de peligro o riesgos que entrañan una mayor inquietud, y por ellos plantean interrogantes sobre la manera de afrontarlos (UNESCO, 2007). El crecimiento tan vertiginoso que han experimentado las nanotecnologías, es resultado de las enormes potencialidades encontradas en este tipo de tecnologías. A la par de esas bondades, se abren críticas y cuestionamientos en torno a los impactos a la salud y medio ambiente. Las preocupaciones se derivan de sus características físico-químicas en la nanoescala, ya que las ventajas de los materiales en este tamaño adquieren mayor flexibilidad, resistencia, conductividad, pero también una mayor toxicidad (Kulinowski, 2009; Safe Work Australia, 2014). Diferentes organismos internacionales se han pronunciado sobre la necesidad de implementar mayor regulación o supervisión sobre el manejo de los nanomateriales, especialmente en cuanto al manejo de sus desechos y consecuencias en el medio ambiente (Safe Work Australia, 2014).

Bajo la premisa de sus impactos, los países que impulsaron estas tecnologías y algunos otros que se sumaron han establecido regulaciones al uso y manejo de las NTs. La regulación brinda seguridad a las industrias, mercados, gobiernos y sociedad; sin embargo, el debate gira en torno a la regulación fuerte (regulación estricta) o suave (normas voluntarias) (Saldívar, 2019). Hoy en día, lo que domina la producción y comercialización de los productos nanohabilitados son las normas voluntarias, pero que no implican mayor obligatoriedad por el productor o comerciante en cuanto a impactos y riesgos.

El hecho es que la implementación de programas nanotecnológicos en países desarrollados ha evidenciado riesgos e implicaciones ambientales de los nanomateriales, lo cual ha conducido a que algunos organismos no gubernamentales (ONG) y sindicatos pronuncien comunicados públicos en los que se posicionan sobre el desarrollo de esta tecnología emergente (Invernizzi & Foladori, 2013). La forma en la cual se vinculan consumidores y trabajadores con las NTs es distinta a la industria, el gobierno y la propia academia; los primeros centran su atención en las implicaciones de los nanomateriales, los segundos incorporan de forma creciente el uso y manejo de estas tecnologías (Foladori et al., 2019)

El estudio de las implicaciones, los riesgos y el impacto al medio ambiente del uso o la aplicación de las NTs forma parte de un debate académico importante (OECD, 2008; Gottardo et al., 2021). La revisión de la tira de materias de los 57 programas compilados evidenció la falta de interés sobre los temas de riesgos e implicaciones de las nanotecnologías. Se encontró un programa de ingeniería con una asignatura sobre los impactos sociales de las NTs, la ingeniería en nanotecnología y energías renovables en la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. En relación al medio ambiente y/o desarrollo sostenible fueron un total de 19 programas educativos los identificados con asignatura en el tema, 18 de ellos son licenciaturas y una maestría; para el caso de las carretas de Técnico Superior Universitario y posgrados los contenidos analizados no integran en el debate en ese tópico. Lo anterior, muestra que los planes y programas de estudio se encuentran desfasados, ya que muy pocos consideran tema ambiental.

5. Conclusiones

Esta revisión sistematiza en una base de datos información sobre los programas educativos en materia nanotecnológica en el país e ilustra la distribución desigual entre ciudades y regiones. Esto es similar a otros trabajos que muestran la heterogeneidad en la que las NTs se incorporan a los sectores productivos en México (Záyago Lau et al., 2018). La presencia de opciones académicas en materia nanotecnológica está en 21 de las 32 entidades federativas, pero se observa una concentración de programas educativos en el norte y centro del país; es decir, en estados con un preminente dinamismo económico.

Hay 60 programas educativos orientados a las NTs, distribuidos en 8 técnicos superiores universitarios, 30 licenciaturas, de las cuales 24 son ingenierías; 11 Maestrías y 11 Doctorados. El énfasis de los grados otorgantes, está en la química, la ciencia de los materiales y la ciencia básica, reflejando una orientación general hacia las tecnologías aplicadas. A diferencia de otras carreras de corte tecnológico, como algunas ingenierías, no se obtuvo información sobre organismos acreditadores que certifiquen competencias y habilidades en el campo de las NTs. Existe un vacío en los planes de estudio respecto a las implicaciones, riesgos a la sociedad y medio ambiente, ya que solamente un programa contempla asignatura en el tema; en tanto 19 programas educativos contienen materias relacionadas con el medio ambiente. Este descuido en los potenciales impactos y riesgos de las nanotecnologías va contra corriente de lo que sucede en el mundo desarrollado. La Iniciativa Nacional de Nanotecnología de los Estados Unidos sugiere incorporar un tópico al respecto de las implicaciones sociales en los planes de estudio desde la primaria (Greenberg, A., 2009). Existen muchos programas universitarios de enseñanza de riesgos de las nanotecnologías, sea en la salud o en los ecosistemas (Hansen, S. F., & Baun, A., 2017).

6. Agradecimientos

El presente trabajo forma parte del Proyecto Ciencia de Frontera 304320/2019 “Una revisión crítica del desarrollo de las Nanotecnologías en México acorde a las prioridades socio-económicas nacionales”, financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT).

Referencias

- ANUIES, (2021). Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior de México. Anuarios estadísticos de educación superior. Julio 3, 2021. <http://www.anuiem.mx/informacion-y-servicios/informacion-estadistica-de-educacion-superior/anuario-estadistico-de-educacion-superior>
- Arteaga E., Záyago Lau E., Foladori G. (2020) Nanotecnologías aplicadas al sector energético en México. Revisión del financiamiento público otorgado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. En Záyago Lau, E., Foladori, G. & Invernizzi, N. (eds.) *Relevancia social de las nanotecnologías en América Latina* (p.p.71-89) Miguel Ángel Porrúa.
- Casado González, M., Guimerá Ballesta, G., Mendoza González, J., Ponce Siguenza, R., Serena, P., Tenorio, M., & Díaz Marcos, J. (eds.). (2021). *Libro blanco de las nanotecnologías: Una visión Etico-social ante los avances de la nanociencia y la nanotecnologías*. Thomson Reuters-Aranzadi.
- Foladori, Guillermo & Invernizzi, Noela. (2008). The Workers Push to Democratize Nanotechnology. En Rik Fisher et al (eds), *The Yearbook of Nanotechnology in Society* (p.p 23-36). Springer
- Foladori, G., Invernizzi, N., Záyago Lau. (2016). La experiencia de las ONG y sindicatos en la concepción del riesgo de las nanotecnologías. En González, G., Márquez, Humberto., Soto, Roberto (coords), *Privatización de los bienes comunes* (p.p 229-248). Miguel Ángel Porrúa.
- Greenberg, A. (2009). Integrating Nanoscience into the Classroom: Perspectives on Nanoscience Education Projects. *ACS Nano*, 3(4), 762–769. <https://doi.org/10.1021/nn900335r>
- Gottardo, S., Mech, A., Drbohlavová, J., Małyska, A., Bøwadt, S., Sintes, J. R., & Rauscher, H. (2021). Towards safe and sustainable innovation in nanotechnology: State-of-play for smart nanomaterials. *NanoImpact*, 21, 100297.
- INEGI, (2017). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Encuesta sobre Investigación y Desarrollo Tecnológico (ESIDET). Septiembre 6, 2021. <https://www.inegi.org.mx/programas/esidet/2017/>
- Kulinowski, K. (2009). Temptation, temptation, temptation: Why easy answers about nanomaterial risk are probably wrong. *AzoNanotechnology*. <https://www.azonano.com/article.aspx?ArticleID=2448>
- Hansen, S. F., & Baun, A. (2017). Teaching nanosafety. *Nature Nanotechnology*, 12(6), 596-596. <https://doi.org/10.1038/nnano.2017.116>
- Juanico, A., Camacho, C., Villegas, D., Minutti, B., Morales, G., & Gutiérrez, E. (2016). Nanociencia y nanotecnología en México: Orígenes, evolución y progreso. *Momento*, (51E), 46-53.
- Nanowerk (2022). Nanotechnology education. Marzo 14, 2022. <https://www.nanowerk.com/nanotechnology-education.php>
- NNA (National Nanotechnology Initiative) (2022a). "About Nanotechnology". <https://www.nano.gov/about-nanotechnology>
- NNA (National Nanotechnology Initiative) (2022b). "Applications nanotechnology". <https://www.nano.gov/about-nanotechnology/applications-nanotechnology>
- OECD, A. (2008). Organization for Economic Cooperation and Development. Opportunities and risks of Nanotechnologies. [oecd.org/science/nanosafety/44108334.pdf](http://www.oecd.org/science/nanosafety/44108334.pdf)
- Safe Work Australia. (2014). "Work health and safety assessment tool for handling engineered nanomaterials". http://www.safeworkaustralia.gov.au/sites/SWA/about/Publications/Documents/547/Work_health_safety_assessment_tool_handling_engineered_nanomaterials.doc
- Saldívar Tanaka, L. (2019). Regulando la nanotecnología. *Mundo nano. Revista interdisciplinaria en nanociencias y nanotecnología*, 12(22), 0-0.
- SEP (Secretaría de Educación Pública) (19 de marzo del 2015). Conoce el Sistema Educativo Nacional. <https://www.gob.mx/sep/articulos/conoce-el-sistema-educativo-nacional>
- SEP (Secretaría de Educación Pública) (2021). Sistema de Educación Superior. Julio, 2021. <https://www.educacionsuperior.sep.gob.mx/>
- Takeuchi, N., & Ramos, M. E. M. (2011). Divulgación y formación en nanotecnología en México. *Mundo Nano. Revista Interdisciplinaria en Nanociencias y Nanotecnología*, 4(2).

- UNESCO (Organización de las Nacionales Unidades para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2007). *Ética y Política de la Nanotecnología*. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000145951_spa
- Villa, Laura Liliana & Arteaga Figueroa, E. (2022). *Programas educativos de nanotecnologías en México* (1a ed.) [Instituciones educativas con programas de nanotecnologías]. Red Latinoamericana de Nanotecnología y Sociedad. <https://relans.org/>
- Záyago Lau, Edgar, Foladori, Guillermo. & Invernizzi, Noela. (eds.) (2020). *Relevancia social de las nanotecnologías en América Latina*. Miguel Ángel Porrúa.
- Záyago Lau, Edgar Foladori, Guillermo, Villa, Liliana, Paniagua, Edith (2018). *Empresas de nanotecnología en México y la cadena de producción*. En Foladori, et al., (eds.), "Cadenas de producción de nanotecnologías en América Latina: Argentina, Brasil, Colombia y México". (p.p. 135-159). Universidad de los Andes.

EDUCACIÓN DE LAS NANOTECNOLOGÍAS EN MÉXICO Y LAS IMPLICACIONES SOCIALES, RIESGOS Y MEDIO AMBIENTE

Anexo A. Instituciones de educación superior otorgantes de grados con el prefijo nano en México (vigente a marzo de 2022)			
Institución	Categoría de IES	Nombre de programa	Ubicación / Estado
UNAM	Universidades Públicas Federales	Licenciado en nanotecnología	Ensenada - Baja California
Universidad Autónoma del estado de Hidalgo	Universidades Públicas Estatales	Licenciatura en ingeniería en nanotecnología	Pachuca, Hidalgo.
Universidad de Guadalajara	Universidades Públicas Estatales	Licenciatura en ingeniería en instrumentación electrónica y nanosensores	Jalisco, México
Universidad Autónoma Del Estado De Morelos	Universidades Públicas Estatales	Licenciatura en diseño molecular y nanoquímica	Cuernavaca, Morelos
Universidad De Las Américas Puebla	Escuelas Privadas	Licenciatura en nanotecnología e ingeniería molecular	Puebla, Puebla
Universidad Juárez Autónoma De Tabasco	Universidades Públicas Estatales	Licenciatura en ingeniería en nanotecnología	Tabasco, México
Universidad Autónoma De Baja California	Universidades Públicas Estatales	Ingeniero en nanotecnología	Campus Ensenada
Universidad de Guadalajara	Universidades Públicas Estatales	Ingeniería en nanotecnología	Tonalá, Jalisco
Universidad Autónoma De Querétaro	Universidades Públicas Estatales	Ingeniería en nanotecnología	Querétaro, Querétaro
Universidad Autónoma De San Luis Potosí	Universidades Públicas Estatales	Ingeniería en nanotecnología y energías renovables	San Luis Potosí, S. L. P.
Universidad Tecnológica "Emiliano Zapata" Del Estado De Morelos	Universidades Tecnológicas	Ingeniería en nanotecnología	Emiliano Zapata, Morelos
Universidad Tecnológica De Ciudad Juárez	Universidades Tecnológicas	Ingeniería en nanotecnología	Cd. Juárez, Chihuahua
Universidad Tecnológica De Coahuila	Universidades Tecnológicas	Ingeniería en nanotecnología	Ramos Arizpe, Coahuila
Universidad Tecnológica De Querétaro	Universidades Tecnológicas	Ingeniería en nanotecnología	Querétaro, Querétaro
Universidad Tecnológica De Tecámac	Universidades Tecnológicas	Ingeniería en nanotecnología	Estado de México
Universidad Tecnológica De Tula-Tepeji	Universidades Tecnológicas	Ingeniería en nanotecnología	Tula, Hidalgo
Universidad Tecnológica De Tulancingo	Universidades Tecnológicas	Ingeniería en nanotecnología	Tulancingo, Hidalgo
Universidad Tecnológica Fidel Velázquez	Universidades Tecnológicas	Ingeniería en nanotecnología	Estado de México
Universidad De La Ciénega De Michoacán De Ocampo	Universidades Públicas Estatales Con Apoyo Solidario	Ingeniería en nanotecnología	Sahuayo, Michoacán
Instituto Tecnológico De Tijuana	Institutos Tecnológicos	Ingeniería en nanotecnología	Tijuana, Baja California
Instituto Tecnológico Superior De Ciudad Hidalgo Michoacán	Institutos Tecnológicos Descentralizados	Ingeniería en nanotecnología	Ciudad Hidalgo, Michoacán
Instituto Tecnológico Superior De Poza Rica	Institutos Tecnológicos Descentralizados	Ingeniería en nanotecnología	Poza Rica, Veracruz
Universidad Politécnica De Tapachula	Universidades Politécnicas	Ingeniería en nanotecnología	Tapachula, Chiapas
Universidad Politécnica Del Valle De México	Universidades Politécnicas	Ingeniería en nanotecnología	Estado de México
Universidad Politécnica De Sinaloa	Universidades Politécnicas	Ingeniería en nanotecnología	Mazatlán, Sinaloa.
Instituto Tecnológico Y De Estudios Superiores De Monterrey - ITESM	Escuelas Privadas	Ingeniería en nanotecnología	Campus Monterrey N. L.
Instituto Tecnológico Y De Estudios Superiores De Monterrey - ITESM	Escuelas Privadas	Ingeniería en nanotecnología	Campus Estado de México
ITESO Universidad Jesuita De Guadalajara	Escuelas Privadas	Ingeniería en nanotecnología	Guadalajara, Jalisco
Universidad Tecnológica De Altamira	Universidades Tecnológicas	Ingeniería en nanotecnología	Altamira Tamaulipas
Universidad Tecnológica Gral. Mariano Escobedo UTE	Universidades Tecnológicas	Ingeniero en nanotecnología	General Escobedo N.L.
Universidad Juárez del estado de Durango	Universidades Públicas Estatales	Maestría en ciencias en nanotecnología y química de materiales	Durango, Dgo. México

EDUCACIÓN DE LAS NANOTECNOLOGÍAS EN MÉXICO Y LAS IMPLICACIONES SOCIALES, RIESGOS Y MEDIO AMBIENTE

Universidad Autónoma De Querétaro	Universidades Públicas Estatales	Maestría en ciencias (nanotecnología)	Querétaro, Querétaro
Universidad De Sonora	Universidades Públicas Estatales	Maestría en nanotecnología	Hermosillo, Sonora
Universidad Juárez Autónoma De Tabasco	Universidades Públicas Estatales	Maestría en ciencias, con orientación en matemáticas, nanociencias, química y orgánica	Cunduacan, Tabasco México
Universidad Veracruzana	Universidades Públicas Estatales	Maestría en micro y nanosistemas	Boca Del Rio Ver. México
CICESE/UNAM	Centros Públicos De Investigación	Maestría en ciencias en nanotecnología	Ensenada, Baja California
Universidad Autónoma de Nuevo León	Universidades Públicas Estatales	Maestría en ciencias de la ingeniería con orientación en nanotecnología	Monterrey, Nuevo León
Universidad de Guanajuato	Universidades Públicas Estatales	Maestría en ciencia y tecnología de los nanomateriales	Guanajuato, Guanajuato
Instituto Potosino De Investigación Científica Y Tecnológica (IPICYT)	Centros Públicos De Investigación	Maestría en nanociencias y materiales	San Luis Potosí, S. L. P.
Instituto Tecnológico Y De Estudios Superiores De Monterrey - ITESM	Escuelas Privadas	Maestría en nanotecnología	Campus Monterrey N. L.
Instituto Tecnológico Y De Estudios Superiores De Monterrey - ITESM	Escuelas Privadas	Maestría en nanotecnología	Campus Estado de México
Instituto Politécnico Nacional	Pública Federal	Doctorado en nanociencias y micro-nanotecnologías	CDMX
Universidad De Sonora	Universidades Públicas Estatales	Doctorado en nanotecnología	Hermosillo, Sonora
Universidad Juárez Autónoma De Tabasco	Universidades Públicas Estatales	Doctorado en ciencias, con orientación en matemáticas, nanociencias, química y orgánica	Cunduacan, Tabasco
Universidad Veracruzana	Universidades Públicas Estatales	Doctorado en materiales y nanociencia	Boca Del Rio Veracruz
CICESE/ UNAM	Centros Públicos De Investigación/Pública Federal	Doctorado en nanociencias	Ensenada, Baja California
Centro De Investigación En Materiales Avanzados (CIMAV)	Centros Públicos De Investigación	Doctorado en nanotecnología	Chihuahua, Chihuahua
Instituto Potosino De Investigación Científica Y Tecnológica (IPICYT)	Centros Públicos De Investigación	Doctorado en nanociencias y materiales	San Luis Potosí, S. L. P.
Instituto Tecnológico Y De Estudios Superiores De Monterrey - ITESM	Escuelas Privadas	Doctorado en nanotecnología	Campus Monterrey N. L.
Instituto Tecnológico Y De Estudios Superiores De Monterrey - ITESM	Escuelas Privadas	Doctorado en nanotecnología	Campus Estado de México
CINVESTAV (Zacatenco)	Centros Públicos De Investigación	Doctorado en nanociencias y nanotecnologías	CDMX
Universidad de Guadalajara	Universidades Públicas Estatales	Doctorado en ciencias físico matemáticas con orientación en nanociencias	Jalisco, México
Universidad Tecnológica "Emiliano Zapata" Del Estado De Morelos	Universidades Tecnológicas	Técnico superior en nanotecnología área: materiales	Emiliano Zapata, Morelos
Universidad Tecnológica De Altamira	Universidades Tecnológicas	Técnico superior universitario en nanotecnología área materiales	Altamira Tamaulipas
Universidad Tecnológica De Ciudad Juárez	Universidades Tecnológicas	Técnico superior universitario en nanotecnología área materiales	Cd. Juárez, Chihuahua
Universidad Tecnológica De Querétaro	Universidades Tecnológicas	Técnico superior universitario en nanotecnología área materiales	Querétaro, Querétaro
Universidad Tecnológica De Tecámac	Universidades Tecnológicas	Técnico superior universitario en nanotecnología área materiales	Tecamac, Estado de México
Universidad Tecnológica De Tula-Tepeji	Universidades Tecnológicas	Técnico superior universitario en nanotecnología área materiales	Tula, Hidalgo.

**EDUCACIÓN DE LAS NANOTECNOLOGÍAS EN MÉXICO Y LAS IMPLICACIONES SOCIALES,
RIESGOS Y MEDIO AMBIENTE**

Universidad Tecnológica Fidel Velázquez	Universidades Tecnológicas	Técnico superior universitario en nanotecnología área materiales	Estado de México, México
Universidad Tecnológica Gral. Mariano Escobedo	Universidades Tecnológicas	Técnico superior universitario en nanotecnología área materiales	Gral. Escobedo, N.L. México

Fuente: elaboración propia