

# **ANTOLOGÍA**

**Taller Sobre Nanotecnologías 2022  
Proyecto CONAHCYT – FORDECYT-  
PRONACES –  
Ciencia de Frontera No. 304320.**

Editado por:

**Ruth Robles Berumen**

**Liliana L. Villa**

**Guillermo Foladori**

**Zacatecas, ZAC. Abril de 2025**

## **Presentación**

### **Taller sobre nanotecnologías en Zacatecas, México. Noviembre 2022**

El proyecto Conacyt Ciencia de Frontera 304320 *Una revisión crítica del desarrollo de las nanotecnologías en México* ha organizado cuatro talleres sobre nanotecnologías en la Universidad Autónoma de Zacatecas (UAZ) y con el apoyo del Consejo Zacatecano de Ciencia y Tecnología (COZCYT) y la Red Latinoamericana de Nanotecnología y Sociedad (ReLANS).

Los talleres fueron realizados en 2022, 2023, y 2024-2025. Esta Antología corresponde al primero de 2022 y fue organizado por el Dr. Edgar Záyago Lau, la Dra. Armida C. García y el Dr. Guillermo Foladori.

Este primer taller tuvo el propósito de llamar la atención a estudiantes de diversas áreas de la Universidad Autónoma de Zacatecas sobre el papel de las nanotecnologías en la economía y la sociedad. La mayoría de los asistentes provenían de licenciaturas en ingeniería y medicina, aunque también participaron estudiantes de doctorado y posdoctorandos del proyecto. Como miembros del equipo de investigación del proyectos participaron con ponencias profesores de la UAZ (Unidad Académica en Estudios del Desarrollo -UAED); Unidad Académica de Economía y Unidad Académica de Ciencias de la Tierra), de la UNAM (Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas -IIMAS) y del Colegio de San Luis; así como estudiantes del doctorado del CINVESTAV y de la UAED y un posdoctor del Proyecto.

El taller fue realizado con la colaboración del Consejo Zacatecano de

Ciencia y Tecnología (COZCYt) en su local de Av. de la Juventud 504, Zona A, La Encantada, 98090 Zacatecas, Zac., Méx.

Hubo presentaciones relativas al avance de las nanotecnologías en empresas y productos en América Latina, y las políticas públicas y desarrollos de redes que las incentivan. Otros temas de presentaciones fueron relacionadas con información cuantitativa sobre nanotecnologías, patentes, nanomedicina, instrumentos de política pública para la innovación, relación de las nanotecnologías con la inteligencia artificial, educación superior en nanotecnología. Además de las presentaciones se realizó una exposición de posters.

En lo que sigue se da cuenta de los ítems presentados y sus autores, y se incluyen fotos del evento y un colage de los posters presentados.

Ruth Robles Berumen

Laura Liliana Villa

Guillermo Foladori

Zacatecas, Zac, marzo de 2025

La Universidad Autónoma de Zacatecas «Francisco García Salinas», a través de la Unidad Académica en Estudios del Desarrollo (UAED) y la Unidad Académica en Economía (UAE), y el Consejo Zacatecano de Ciencia, Tecnología e Innovación (Cozcyt)

invitan al

## Taller sobre Nanotecnologías

Conacyt Ciencia de Frontera Proyecto 2019  
Núm. 304320

4 de noviembre de 2022  
10:00 a 14:30 horas

Instalaciones del Cozcyt  
Avenida de la Juventud 504,  
fraccionamiento Barros Sierra, Zacatecas

Teléfono: **492 491 50 00**  
Correo-e: **relans2010@gmail.com**

### Expositores

Claudia Lucía Esparza Vela (UAED-UAZ)  
Edgar Arteaga Figueroa (UAED-UAZ)  
Edgar Záyago Lau (UAED-UAZ)  
Eduardo Robles Belmont (IIMAS-UNAM)  
Guillermo Foladori (UAED-UAZ)  
Ma. de los Ángeles Ortiz Espinoza (UAED-UAZ)  
Mariana Ramírez Herrera (UAS-UAZ)  
Mónica Anzaldo Montoya (Colsan)  
Roberto Soto Vázquez (Cinvestav)

### Organizadores

**Edgar Záyago Lau** (director de la UAED)  
**Guillermo Foladori** (responsable técnico del Proyecto Ciencia de Frontera)  
**Armida García** (docente UAED)

### Agenda

1. Presentación de avances de investigación sobre nanotecnologías (nanomedicina, medio ambiente, alimentos, patentes, empresas, economía y prospectiva)
2. Presentación de pósters temáticos

Se entregarán certificados de asistencia.  
Mesa de atención para interesadas e interesados en colaborar



# Agenda

**Apertura:** Dr. Edgar Záyago Lau. Director de la UAED-UAZ y miembro del equipo de investigación del Proyecto Conahcyt Ciencia de Frontera 304320

## **Presentaciones:**

Dr. Eduardo Robles Belmont (IIMAS-UNAM). *Temáticas emergentes en el campo de las nanociencias y nanotecnologías en México. Un panorama hasta el año 2020.* <https://relans.org/wp-content/uploads/Robles-Belmont.pdf>

Dr. Edgar Arteaga Figueroa (Posdoctor Proyecto). *Mapeo de empresas de nanotecnologías en México, Argentina y Colombia: sectorización económica y construcción de cadenas de producción.* <https://relans.org/wp-content/uploads/Arteaga.pdf>

Mtra. Ángeles Ortiz-Espinoza (doctoranda UAED-UAZ). *Innovación en nanotecnologías: una revisión comparada para América Latina.* <https://relans.org/wp-content/uploads/Ortiz-Espinoza.pdf>

Mtra. Doctoranda Claudia Esparza Vela (doctoranda UAED-UAZ). *Panorama de las Patentes y su mercantilización en México.* <https://relans.org/wp-content/uploads/Esparza-Vela.pdf>

Mtro. Roberto Soto Vázquez (doctorando CINVESTAV). *Tendencias de patentamiento en México en el campo de la nanomedicina.* <https://relans.org/wp-content/uploads/Soto-Vazquez.pdf>

Dra. Mónica Anzaldo Montoya (El Colegio de San Luis). *Apuntes para la problematización de la agro nanotecnología ante el reto de alcanzar la soberanía alimentaria.* <https://relans.org/wp-content/uploads/Anzaldo.pdf>

Dr. Guillermo Foladori (responsable técnico del proyecto) y Ericka Bracamonte Aramburo (estudiante de licenciatura de la UNISON). *Medicina personalizada y capitalismo de algoritmos.* [https://relans.org/wp-content/uploads/Bracamonte\\_Aramburo.pdf](https://relans.org/wp-content/uploads/Bracamonte_Aramburo.pdf)

Dr. Guillermo Foladori. *El Principio de precaución.* <https://relans.org/wp-content/uploads/Principio-Precaucion.pdf>

### **Posters:**

Arteaga Figueroa, Edgar, Bracamonte-Aramburo, and G. Foladori. 2022. "Noticias de Nanomedicina En México" [https://relans.org/wp-content/uploads/MediaCloudPoster-noticias\\_page-0001-1-scaled.jpg](https://relans.org/wp-content/uploads/MediaCloudPoster-noticias_page-0001-1-scaled.jpg)

Arreola Medina, María del Carmen. 2022. "Implicaciones de Las Nanotecnologías en la Agricultura." <https://relans.org/wp-content/uploads/Poster-Nano-en-la-Agricultura-Carmen-copia.pdf>

Arteaga Figueroa, Edgar. 2022. "Abordaje Metodológico para la revisión de la cadena de producción de las nanotecnologías en México." [https://relans.org/wp-content/uploads/Poster-metodologia-Arteaga\\_page-0001-scaled.jpg](https://relans.org/wp-content/uploads/Poster-metodologia-Arteaga_page-0001-scaled.jpg)

Robles Berumen, Ruth, and G. Foladori. 2022. "Aplicaciones de la Nanoadsorción y Nanofiltración en el tratamiento de drenaje ácido de mina." <https://relans.org/wp-content/uploads/Poster-DAM-1.pdf>

Vargas, Betiana, and Eduardo Meneses. 2022. "Inteligencia Artificial." <https://relans.org/wp-content/uploads/Betiana-Eduardo.pdf>

Foladori, G., and Ericka Bracamonte-Aramburo. 2022. "Nanomedicina Personalizada." <https://relans.org/wp-content/uploads/Nanomedicina-personalizada.pdf>

Proyecto Ciencia de Frontera and IPEN (International POPs Elimination Network) (2022). Las Nanotecnologías Enfrentado lo Pequeñito [Infográfico]. <https://relans.org/wp-content/uploads/Las-Nanotecnologias-04.pdf>

Villa Vázquez, Laura Liliana, and Iván Torres Hernández. 2022. "Educación de las nanotecnologías en México y su formación en riesgos y medio ambiente." <https://relans.org/wp-content/uploads/Villa-Vazquez.pdf>

Foladori, G. (2022). Una revisión crítica del desarrollo de las nanotecnologías en México. <https://relans.org/posters-ciencia-de-frontera/>



# Una revisión crítica del desarrollo de las nanotecnologías en México acorde a las prioridades socioeconómicas nacionales

## Proyecto Conacyt - Ciencia de Frontera No. 304320

Responsable Técnico: Dr. Guillermo Foladori

Unidad Académica en Estudios del Desarrollo (UAED). Universidad Autónoma de Zacatecas (UAZ), México

Agosto 2022

### Antecedentes y propuesta de investigación

La investigación y manipulación de la materia en tamaño atómico y molecular (Nanotecnologías) están presentes en prácticamente todas las nuevas tecnologías (Internet de las Cosas, Bio-Nanotecnologías, Big data, Inteligencia Artificial, transmisión wifi alta velocidad Internet -5G). El encadenamiento de las tecnologías entre sí, y su presencia en todos los sectores económicos obligan a una visión amplia y de conjunto del desarrollo de las nanotecnologías.

México ha acompañado aquellas innovaciones y, en materia de nanotecnologías, se ubica en segundo lugar en América Latina según datos cienclométricos. Es importante que la política pública comience a considerar elementos clave para que aquellas tecnologías no se desarrollen desarticuladas de los objetivos estratégicos del desarrollo, y que recuperen las propuestas más avanzadas a nivel internacional. Este proyecto pretende llamar la atención sobre cuestiones importantes que no han sido formalmente considerados, tales como:

- **Regulación.** Considerando que los países y regiones más avanzadas tienen lineamientos y propuestas que podrían considerarse y monitorear.
- **Riesgos a la salud y el ambiente.** Luego de la primera década de este siglo han comenzado a surgir evidencias científicas de riesgos que requieren tomar medidas.
- **Precaución.** Este es un principio cada vez más extendido en la jurisprudencia que permite la integración de organizaciones sociales y sindicatos en las discusiones científicas ampliando la participación democrática en ciencia y tecnología.
- **Responsabilidad del sector productivo.** Este sector, tradicionalmente ausente de las implicaciones a la salud, ambientales y sociales se ha refugiado en la libertad de mercado creando situaciones de facto cada vez más difíciles de corregir.

### Objetivos

Analizar críticamente el desarrollo de las nanotecnologías en México, con el propósito de crear bases para un programa de política pública que acompañe los objetivos estratégicos y las prioridades nacionales, y potencie las capacidades internas.

Las nanotecnologías se han desarrollado en México sin un plan nacional que las articule a las prioridades del desarrollo. Han tenido un crecimiento ausente de regulaciones y desperdiciando oportunidades para el desarrollo nacional y los sectores involucrados.

La identificación de ausencias, desigualdades, y aspectos claves a la luz del desarrollo Internacional son el objetivo general del proyecto, a la luz de los planes nacionales de desarrollo.

### Desarrollo y temas clave [visite [www.relans.org](http://www.relans.org)]

#### Investigación y Desarrollo

- Diagnóstico del avance de las nanotecnologías en México en: Investigación y Desarrollo, Producción y Mercado, Contexto general de la Industria 4.0, Gobernanza, Enseñanza,
- Sectores potencialmente estratégicos: Nanomedicina
- Sectores emergentes a considerar: Nano y agricultura, Nano en la minería;

#### Divulgación, extensión y vinculación

- Boletines temáticos
- Presentaciones en Congresos y seminarios académicos.
- Presencia en redes
- Entrevistas y participación en ONGs.
- Bases de Datos, mapas, infográficos

### Miembros del proyecto

Dra. Armida García  
UAED-UAZ  
Est. Doc. Claudia Lucia Esperza Vela  
UAED-UAZ  
Pos Dr. Edgar Arteaga Figueroa  
UAED-UAZ  
Dr. Edgar Záyago-Lau  
UAED-UAZ  
Dr. Eduardo Robles-Belmont  
IMAS-UNAM  
Est. Lic. Ericka Bracamonte-Aramburo  
DCBS-UNISON  
Dra. Liliana Villa  
UAE-UAZ  
Est. Doc. Angeles Ortiz-Espinoza  
UAED-UAZ  
Dra. Mariana Ramirez Herrera  
CSalud-UAZ  
Dra. Mónica Anzaldo-Montoya  
COLSAN  
Est. Doc. Roberto Soto Vázquez  
CINVESTAV-IPN  
Ruth Robles Becumen  
UAZ-UAZ  
Dr. Sein León Silva  
Nueva Gen. Manufac. S.A. de C.V.



### Referencias

- Proyecto Conacyt-Ciencia de Frontera 304320. (2022). *Antología: Una revisión crítica del desarrollo de las nanotecnologías en México (UAED). UAZ-UAED-ReLANS.*
- European Commission. (2004). *Towards a European Strategy for Nanotechnology.* European Commission.
- European Parliament & Council of Registration. (2018). Commission Regulation (EU) 2018/1881 of 3 Dec. 2018 -Amending Regulation (EC) No 1907/2006 of the European Parliament and the Council on the Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH) as regards Annexes I, III, VI, VII, VIII, IX, X, XI, and XII to address nanoforms of substances. *Official Journal of the European Union*, L 308/1. 20.
- Foladori, G., & Invernizzi, N. (2012). *Implicaciones sociales y ambientales del desarrollo de las nanotecnologías en América Latina y el Caribe.* ReLANS IPEN.
- Foladori, Guillermo (2016). *Políticas públicas en nanotecnología en América Latina.* *Problemas del Desarrollo*, 186(47), 59-82.
- INEGI. (2019). *Encuesta sobre Investigación y Desarrollo Tecnológico 2017 ESIDET. Síntesis metodológica.* 142.
- NanoAction. (2007). *Principios para la supervisión de las nanotecnologías y nanomateriales.* NanoAction. A Project of the International Center for Technology Assessment.
- Royal Society & Royal Academy of Engineering (2004). *Nanoscience and nanotechnologies: Opportunities and uncertainties.* London: Royal Society; Royal Academy of Engineering.

### Agradecimientos



[www.relans.org](http://www.relans.org)  
[relans2010@gmail.com](mailto:relans2010@gmail.com)

# LAS NANO TECNOLOGÍAS: ENFRENTANDO LO PEQUEÑITO

Apoyo Conacyt Ciencia de Frontera.  
Proyecto 2019, No. 304320

Las nanotecnologías permiten estudiar, medir, manipular, diseñar y modificar o crear materiales en tamaño entre 1 a 100 nanómetros (aprox.), con el fin de **explotar las nuevas funcionalidades de la materia** en tales tamaños.

**D**esde comienzos de este siglo la investigación y producción con nanotecnologías ha crecido sostenidamente. Para investigadores e industriales es descubrir un mundo nuevo, porque los materiales cumplen funciones cuando están en nano tamaño diferentes a las conocidas.

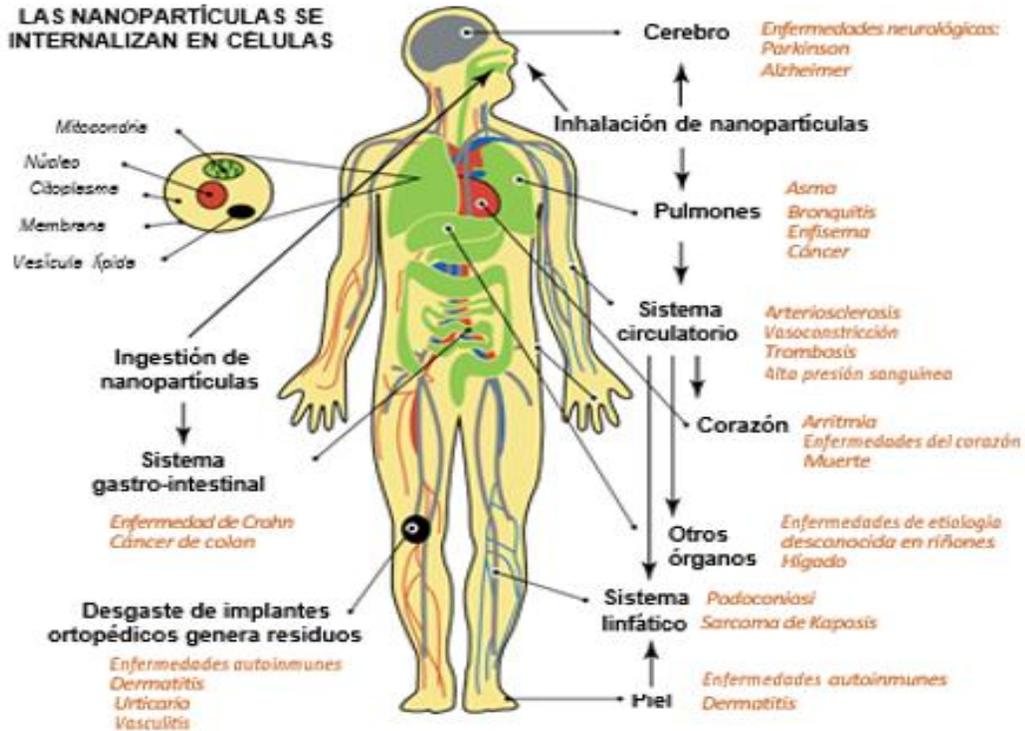
Los nanomateriales manipulados a nivel atómico pueden ser dos o tres veces menores a un virus. Cuando en ese tamaño invisible e inimaginable los

materiales son explotados en sus novedosas funciones (cambia la resistencia, conductividad, reactividad, etc.).

Los productos con nanotecnología están en todos los sectores económicos, aunque no se etiquetan ni se advierte. En electrónica hay nanochips, en alimentos modificando el sabor, en aeronáutica con nuevos materiales, hay textiles repelentes al agua y que no se arrugan, en agricultura haciendo más potentes los fertilizantes y los plaguicidas, la construcción es alterada con cementos de más rápido fraguado y estructuras más fuertes, aunque menos pesadas y de menor dimensión, en medicina llegando con los fármacos a las células afectadas, en vacunas con métodos novedosos como las de ARN-mensajero.



## LAS NANOPARTÍCULAS SE INTERNALIZAN EN CELULAS



Fuente: traducido de Canada, E. and S. D. (2018, January 16). Engineered nanoparticles: Health and safe considerations [Recommendations]. <https://www.canada.ca/en/employment-social-development/services/health-safety/reports/engineered-nanoparticles.html>

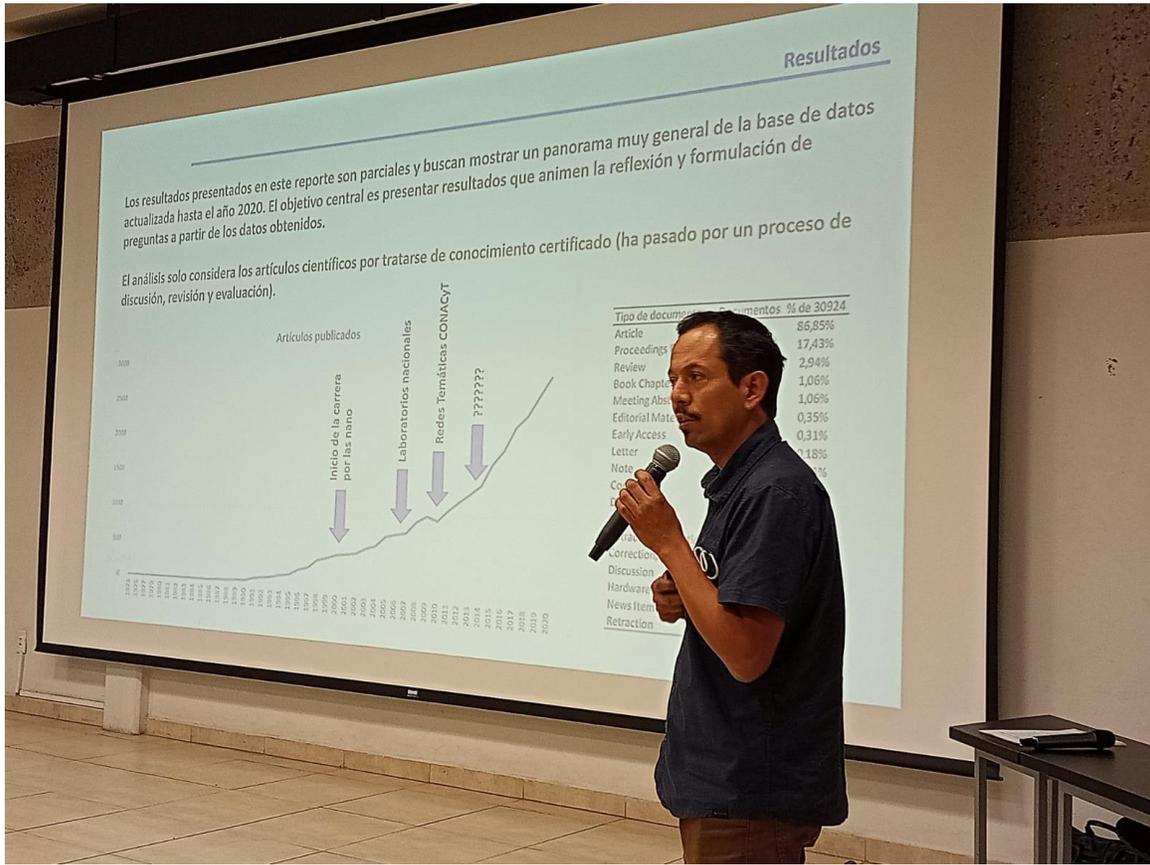
A primera vista los productos con nanotecnologías son más eficientes. Sin embargo, una mirada más detallada llega a otra conclusión en muchos casos. Así como los nanomateriales pueden acelerar la catálisis, manifestar diferente conductividad eléctrica, ser más duros o resistentes, ser bactericidas, intervenir en el mundo vivo sin que éste lo note, etc., también pueden resultar más tóxicos, menos biodegradables, más permanentes en los ecosistemas, más difíciles de detectar.

Hay muchas investigaciones que muestran los impactos devastadores que puede tener la nano plata cuando desprendida de sus matrices llega a los ecosistemas, arrasando con insectos, gusanos, hongos, bacterias, etc. Otras investigaciones muestran que algunos

nanomateriales pueden provocar cáncer y diversas enfermedades (ver imagen arriba); y la mayoría de los nanomateriales no se sabe qué pueden provocar, porque entran al mercado sin un análisis que muestre su inocuidad en la salud humana y el ambiente.

Toda la llamada industria 4.0 está plagada de nanosensores, nano robots, nano almacenadores de información y demás. Esto ha acelerado la automatización de los procesos laborales, despidiendo trabajadores sin alternativa de ocupación. La creación de trabajos virtuales es insignificante respecto del crecimiento del desempleo que las nanotecnologías provocan.

¡Las nuevas tecnologías requieren atender la salud y seguridad antes que los beneficios mercantiles!





# Noticias de nanomedicina en México

Edgar Arteaga Figueroa, Ericka Bracamonte, Guillermo Foladori

Proyecto CONACYT Ciencia de Frontera 304320

Unidad Académica de Estudios del Desarrollo

Universidad Autónoma de Zacatecas



## INTRODUCCIÓN

Las nanotecnologías abarcan el entendimiento y control de la materia a una escala aproximada de entre 1 y 100 nanómetros (NNI, s/f, Royal Society, 2004). A esta escala, las propiedades de los materiales cambian significativamente, permitiendo nuevas posibilidades de aplicación en diversas áreas: Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC's), transporte, energía, alimentación, medio ambiente y medicina. Hoy en día están presentes en la mayoría de los sectores económicos, si no es que en todos (Tsuzuki, 2009).

A la rama de la medicina que aplica los conocimientos y herramientas de la nanotecnología a la prevención y tratamiento de enfermedades se le conoce como **nanomedicina**, e implica el uso de materiales a nanoescala, como nanopartículas biocompatibles y nanorobots, con fines de diagnóstico, administración, detección o actuación en un organismo vivo (Nature portfolio, 2022). La investigación tiene por objetivo detectar las entidades donde se da mayor difusión de noticias sobre nanomedicina y clasificarlas de acuerdo a seis temas generales, definidos por un instrumento aplicado previamente por la Red Latinoamericana de Nanotecnología y Sociedad (ReLANS).

## METODOLOGÍA

Se utilizó el software Media Cloud (Media Cloud, 2022) para realizar una búsqueda de noticias sobre nanomedicina entre el 13 de abril de 2015 y el 29 de septiembre de 2022 en páginas web de medios de comunicación con sede en México. Se colocó la palabra clave "nanomedicina" en el título y en el cuerpo de las noticias. Se restringió la búsqueda a: México Nacional; México -State&Local; y, México por cada estado individualmente. Se utilizó la búsqueda a nivel nacional -que incluye los medios estatales y locales-. Esa información fue sistematizada en una tabla de Excel que también el nombre del periódico o medio de comunicación donde apareció. Con la información se realizaron dos procedimientos:

1. Se detectaron noticias de nanomedicina en diarios electrónicos de circulación nacional. En el proceso se detectaron noticias repetidas en medios de distintas entidades federativas. Con la finalidad de ver la difusión del tema a nivel nacional, y a lo largo del tiempo, se contabilizaron todas las noticias y se presentan como resultados "de difusión".

2. Para organizar las notas informativas por temática general de nanomedicina, se omitieron las noticias repetidas, seleccionando la primera lanzada por fecha u hora de publicación.

Se utilizó como base el cuestionario relativo a las investigaciones sobre nanotecnología en México, elaborado por la ReLANS en 2021, en el marco del Proyecto CONACYT Ciencia de Frontera 304320. El instrumento recopiló información sobre proyectos de nanomedicina que se clasificaron en 6 temas generales que incluyen distintas aplicaciones:

1. **Bio Farma:** entrega y liberación de fármacos (*drug delivery*); vacunas; fármacos.
2. **Implantes:** tejidos; huesos; sensores.
3. **Instrumentos:** robots, instrumentos quirúrgicos; nano y bio sensores.
4. **Diagnóstico:** genética; imagen.
5. **Riesgos:** ambiente; humanos; éticos; de organización, administración, funcionamiento, interdisciplinar.
6. **Teórico sin especificación.**

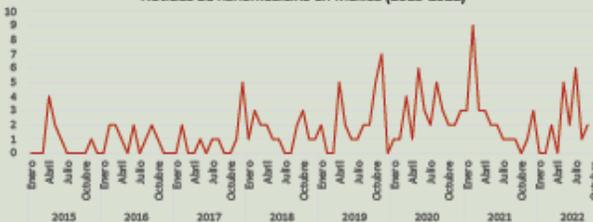
Se agruparon las noticias en las 6 categorías mencionadas, de acuerdo al contenido específico de cada nota.

## RESULTADOS

### Resultados de difusión:

Se encontraron 152 noticias sobre nanomedicina entre 2015 y 2022. El gráfico 1 muestra la frecuencia de aparición de noticias, publicadas mensualmente, entre abril del 2015 y septiembre de 2022.

Gráfico 1  
Noticias de nanomedicina en México (2015-2022)



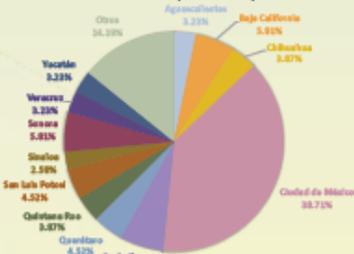
Fuente: elaboración propia

Destaca que, durante el inicio de la pandemia por CoVID-19, en los últimos meses de 2019, y a inicios de 2021, cuando comenzaron a aplicarse las primeras vacunas contra el coronavirus, se tenga el mayor número de noticias sobre nanomedicina en diarios de circulación nacional. La mayor parte de las noticias (60 notas) se publicaron en medios informativos de la Ciudad de México (gráfico 2).

Muy por debajo se encuentran Coahuila (10), Baja California y Sonora (9 cada uno), Querétaro y San Luis Potosí (7 respectivamente), Chihuahua y Quintana Roo (6 cada uno), Aguascalientes, Veracruz, y Yucatán (5 respectivamente) y Sinaloa (4).

Gráfico 2

Distribución porcentual de las noticias de nanomedicina en México por entidad federativa (2015-2022)



Fuente: elaboración propia

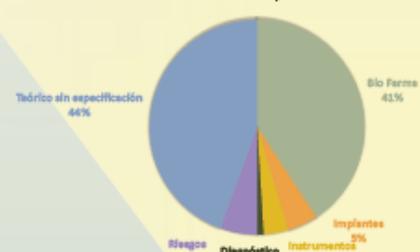
El grupo conformado por "otros" estados, que se distribuyen el 14.19% restante, incluye al Estado de México, Puebla y Zacatecas (con 3 noticias cada uno); Nuevo León, Oaxaca y Tamaulipas (2 noticias respectivamente), y Campeche, Guanajuato, Hidalgo y Michoacán (una noticia cada uno).

### Resultados de clasificación temática

Al depurar las noticias repetidas en diarios de otros estados, encontramos 108 noticias. Una vez clasificadas, el tema "Teórico sin especificación" tiene 48 de las noticias, seguido muy de cerca por "Bio Farma" (44 noticias).

Gráfico 3

Distribución porcentual de las noticias de nanomedicina en México por tema (2015-2022)



Fuente: elaboración propia

Las noticias sobre, Riesgos (6), Implantes (5), Instrumentos (4) y Diagnóstico (1) apenas alcanzan conjuntamente el 15% del total.

## CONCLUSIONES

El tema de nanomedicina ha sido difundido, mayoritariamente, en medios informativos de la Ciudad de México. Destaca la poca participación de diarios de Nuevo León, estado donde se encuentra un cluster especializado en nanotecnología. En mayor medida, se encuentran noticias sobre aplicaciones teóricas, le sigue el Biofarma, sobre todo en tratamientos para el cáncer. Las áreas de diagnóstico, instrumentos, implantes y discusión de riesgos se difunden muy poco en diarios nacionales.

## REFERENCIAS

- Media Cloud. (2022). Media Cloud (3.24.0). University of Massachusetts at Amherst, Northeastern University, Berkman Klein Center for Internet & Society at Harvard University. <https://mediacloud.org/>
- Nature portfolio. (2022). Nanomedicine. <https://www.nature.com/subjects/nanomedicine>
- National Nanotechnology Initiative (NNI). (s/f). *What is Nanotechnology?* National Nanotechnology Initiative. <http://www.nano.gov/nanotech-101/what/definition>
- Royal Society (London, G. B., & Royal Academy of Engineering (London, G. B. (2004). *Nanoscience and nanotechnologies: Opportunities and uncertainties*. Royal Society.
- Tsuzuki, T. (2009). Commercial scale production of inorganic nanoparticles. *International Journal of Nanotechnology*, 6(5), 567-578. <https://doi.org/10.1504/IJNT.2009.024647>

## AGRADECIMIENTOS Y CONTACTO

Los autores agradecen el financiamiento del proyecto CONACYT Ciencia de Frontera 304320, así como a la Unidad Académica de Estudios del Desarrollo de la UAZ. Para mayor información, consulte: [www.relans.org](http://www.relans.org)

**ANTECEDENTES**

Las nanotecnologías implican la manipulación de la materia a una escala aproximada de entre 1 y 100 nanómetros (National Nanotechnology Initiative [NNI], 2000). A esta magnitud, las propiedades de los materiales cambian significativamente, permitiendo una gran variedad de aplicaciones industriales novedosas. Desde inicios de este siglo los nanomateriales se aplican en dispositivos y productos finales, prácticamente sin restricciones. Hoy en día están presentes en la mayoría, si no todos, los sectores económicos (Tsuruki, 2009).



A inicios de la segunda década del siglo XXI, algunos países europeos comenzaron a exigir registros de las empresas que incorporan, venden o importan nanomateriales (European Chemicals Agency [ECHA], 2019). En esta investigación se realizó un inventario con la finalidad de identificar a las empresas que incorporan nanotecnologías en sus procesos productivos en México. La Red Latinoamericana de Nanotecnología y Sociedad (ReLANS) ha dado seguimiento a este tema desde hace más de una década, con lo cual ha afinado los pasos y criterios de búsqueda y organización de la información.

**OBJETIVOS**

En México existe todavía un vacío significativo en la sistematización de información relacionada con el desarrollo de las nanotecnologías. Esto se debe, principalmente, a la falta de una iniciativa, política pública o algún marco regulatorio que implique el ordenamiento de datos sobre el tema. El objetivo de esta investigación es identificar las empresas que fabrican y/o comercializan productos con nanotecnologías en México, la entidad federativa donde se encuentran asentadas, el sector económico en el cual participan y el origen de su producción (nacional o importación).

**METODOLOGÍA**

La investigación se llevó a cabo en dos etapas:  
 1. Se realizó un inventario de empresas que realizan o comercializan productos nanohabilitados en México. La información se obtuvo de diversas fuentes:

- Páginas web de las empresas, avisos de privacidad, términos y condiciones, anuncios en internet, radio y televisión.
- Parques especializados: página web del Cluster de Nanotecnología de Nuevo León y del Gobierno del Estado de Nuevo León.
- Portales de transparencia sobre el presupuesto ejercido por empresas en proyectos de nanotecnologías. Portal del sistema de información pública sobre contrataciones públicas (Compras).
- Boletines de prensa, artículos científicos y de divulgación en revistas académicas donde se informa que la empresa participó en algún proyecto de nanotecnologías.

Se obtuvo la ubicación geográfica de las empresas mediante la dirección de sus oficinas centrales en México y se identificaron aquellas que realizan "producción nacional"; y las que "importan y comercializan", verificando la existencia de una sede física para la fabricación en el país. Las empresas que "importan y comercializan" poseen únicamente oficinas de ventas para productos importados que contienen nanotecnologías.

2. Se asignó a cada empresa una clasificación económica sectorial, tomando como punto de partida el Sistema de Clasificación Central de Productos (CPC), de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) (ONU, 2021), en su versión 2.1.

Posteriormente, se estableció equivalencia entre la CPC y la cuarta revisión del Sistema de Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas (ISIC 4) (ONU, 2002).

Al aplicar la concordancia entre CPC-ISIC 4 (ONU, 2008:45), se logró establecer una equivalencia de productos con los 18 divisiones de la ISIC, obteniendo una clasificación económica simplificada en poco más de una veintena de sectores. Esta información permitió, además, colocar a las empresas en una cadena adaptada de producción de nanotecnologías:



Los resultados se geolocalizaron en el software Tableau Public como un mapa interactivo de empresas y sectores económicos.

**RESULTADOS**

Se localizaron 164 empresas con productos de nanotecnología en el país. Casi dos tercios del total se concentran en dos estados. Nuevo León tiene el 33.5% y la Ciudad de México el 25.6%. El tercio restante se divide entre otros 14 estados y una entidad sin identificar.

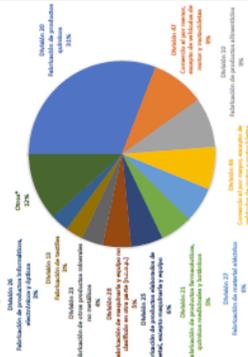
Tabla 1  
Empresas con productos nanohabilitados por entidad federativa

Entidad	Empresas
Nuevo León	55
Ciudad de México	42
Estado de México	11
Jalisco	9
Guajuato	6
Baja California	5
Coahuila	4
Hidalgo	4
Otros*	28
TOTAL	164

\* Fuente: elaboración propia  
 Ojima\*, Morelos (1), Durango (1), San Luis Potosí (1), Sinaloa (1), Chihuahua (1), Puebla (1), Veracruz (1), Tlaxcala (1), Querétaro (1), Quintana Roo (1), Yucatán (1), C.D. (1).

La mayoría de las empresas se ubican en el sector 20 de la ISIC 4; fabricación de químicos y productos químicos básicos, le sigue el comercio al por menor y la fabricación de productos alimenticios. Respecto al origen de la producción, el 83% de las empresas tiene producción nacional, y el restante 17% son importadoras y comercializadoras de productos para su venta en México.

Gráfico 1  
Distribución económico-sectorial de las empresas con productos nanohabilitados en México



\* Fuente: elaboración propia  
 Ojima\*. División 01 Producción agrícola y animal, caza y servicios relacionados; División 19 Fabricación de acero y productos refinados de petróleo; División 15 Fabricación de caucho y plásticos; División 17 Comercio al por mayor y minorista; División 18 Comercio al por mayor y minorista; División 20 Fabricación de productos de caucho y plásticos.



En la cadena de producción, casi la mitad de las empresas (48%) ofrece productos nanohabilitados terminados al mercado, y casi una cuarta parte produce nanomateriales (23%). El resto se distribuye entre la producción de nanomateriales en bruto (13%), importación de productos finales para comercialización (9%) y fabricación de nanoherramientas (5%).

**CONCLUSIONES**

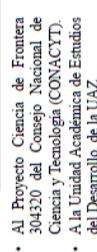
El inventario realizado por el ReLANS muestra que, en México, hay al menos 164 empresas que fabrican o comercializan productos que contienen nanomateriales. La mayoría se localiza en las zonas metropolitanas más activas del país. El 83% de las empresas realiza su producción en territorio nacional. Casi la mitad de las empresas ofrece productos nanohabilitados terminados y una tercera parte del total se dedican a la fabricación de productos químicos (División 20 de la ISIC 4). El mapa interactivo con los nombres, sectores y posición de las empresas en una cadena de producción se puede consultar en el QR.

**REFERENCIAS**

- European Chemical Agency ECHA (2019). Nanomaterial reporting ECHA. <https://echa.europa.eu/nanomaterial-reporting-schemas>
- Lux Research. (2007, octubre 25). Nanotechnology 2 Impact on Consumer Products. [https://ec.europa.eu/health/archive/ph\\_nik/committees/documents/en\\_20071025\\_c002\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/health/archive/ph_nik/committees/documents/en_20071025_c002_en.pdf)
- National Nanotechnology Initiative (NNI). (2000). What is nanotechnology? <https://www.nano.gov/nanotech-101/what-definition>
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2002). Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las Actividades Económicas (CIIU) Revisión 3.1. Naciones Unidas.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2008). Interim report on the implementation of the economic structure (ISIC) (Rev. 4). United Nations.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2021). Introduction to CFC. Economic statistics.
- Tsuruki, T. (2009). Commercial scale production of inorganic nanoparticles. *International Journal of Nanotechnology*, 4(5), 567–578. <https://doi.org/10.1504/IJNT.2009.024647>

**AGRADECIMIENTOS Y CONTACTO**

- Al Proyecto Ciencia de Frontera 304320 del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).
- A la Unidad Académica de Estudios del Desarrollo, de la UAZ.



13



# Empresas de nanotecnologías en México, Argentina y Colombia: sectorización económica y construcción de cadenas de producción

Edgar Arteaga Figueroa

Proyecto CONACYT Ciencia de Frontera 304320

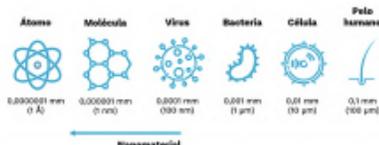
Unidad Académica de Estudios del Desarrollo

Universidad Autónoma de Zacatecas



## INTRODUCCIÓN

Las nanotecnologías implican la comprensión y el control de la materia en dimensiones de entre 1 y 100 nanómetros, aproximadamente, donde fenómenos únicos permiten aplicaciones novedosas (NNI, s/f). Estas aplicaciones se pueden insertar en todas las ramas industriales de todos los sectores económicos.



Desde inicios de este siglo los nanomateriales se aplican en dispositivos y productos finales, prácticamente sin restricciones. A pesar de que en países europeos se ha comenzado a exigir registros de las empresas que incorporan, venden o importan nanomateriales (European Chemicals Agency [ECHA], 2019), en América Latina existe todavía un vacío significativo en la sistematización de información relacionada con el desarrollo de las nanotecnologías. Esto se debe, principalmente, a la falta de iniciativas, políticas públicas o algún marco regulatorio que implique el ordenamiento de datos sobre el tema.

Esta investigación tiene por objetivo identificar las empresas que fabrican y/o comercializan productos con nanotecnologías en México, Argentina y Colombia, los sectores económicos en los que participan y la posición de su producción en una cadena de producción de nanotecnologías.

## METODOLOGÍA

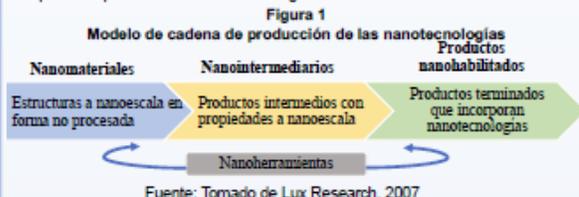
Se ha detectado en los mercados latinoamericanos una gran cantidad de productos que contienen nanomateriales. Los esfuerzos por esquematizar la información han venido, sobre todo, del sector académico. En este caso, se tomó información de inventarios realizados previamente para Argentina, en Berger et al., (2021), y Colombia, en Bermúdez et al., (2018). Para el caso de México, en Appelbaum et al., (2016) y se actualizó la información mediante una búsqueda manual de empresas en distintas fuentes.

De acuerdo al producto que más se promociona en el mercado:

1. Se asignó a cada empresa una clasificación económica sectorial, tomando como punto de partida el Sistema de Clasificación Central de Productos (CPC), de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) (ONU, 2021), en su versión 2.1.

2. Se estableció equivalencia entre la CPC y la cuarta revisión del Sistema de Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas (ISIC 4) (ONU, 2002).

3. Al aplicar la concordancia CPC-ISIC 4 (ONU, 2008:45), se logró una clasificación económica simplificada en poco más de una veintena de sectores. Esta información permitió, además, colocar a las empresas en una cadena adaptada de producción de nanotecnologías:



Se agregó el eslabón "Productos finales comercio" para incluir a aquellas empresas que no producen, pero comercializan productos nanohabilitados al interior de los países o realizan ventas por internet. Los resultados se geolocalizaron en el software Tableau Public como mapas interactivos de empresas y sectores económicos.

## RESULTADOS

**México:** 164 empresas; en Nuevo León el 33.5% y en la Ciudad de México el 25.6%. El resto en Jalisco, Guanajuato, Baja California, Coahuila, Hidalgo y otros.

**Argentina:** 45 empresas; en Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA) el 70.4%, Córdoba, 11%; Santa Fe, 6.6%; Río Negro, 4%; Entre Ríos, 4% y Catamarca 2%.

**Colombia:** 8 empresas; en Antioquia el 37.5%, Bogotá 25%, Valle del Cauca 25% y Cundinamarca 12.5%.

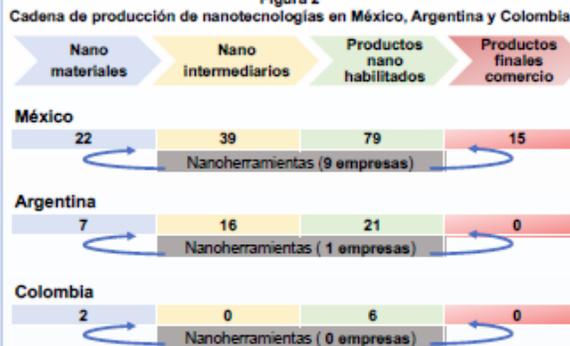
## RESULTADOS

Al realizar la clasificación sectorial CPC-ISIC 4, la mayoría de las empresas se ubicaron en el sector 20 de la ISIC 4: fabricación de químicos y productos químicos básicos. Este sector concentra casi, una tercera parte del total de empresas en México y Argentina, mientras que en Colombia es la mitad:

- México: 31%
- Argentina: 32%
- Colombia: 50%

Las cadenas de producción de nanotecnologías en México, Argentina y Colombia se presentan en la figura 2. Se apunta el número de empresas que contiene cada eslabón en cada país.

Figura 2



Fuente: elaboración propia

Los resultados de la clasificación económica-sectorial sugieren que las empresas fabrican productos químicos básicos que se insertan en otras industrias. Los resultados de la clasificación por cadena de producción indican que la mayor parte de las empresas, en los tres países, se dedica a la fabricación de productos nanohabilitados terminados. Esta herramienta metodológica permite ver encadenamientos con otros sectores, es replicable y permite trazar ejes de política científica e industrial para determinar sectores estratégicos de I+D.

## REFERENCIAS

- Appelbaum, R., Záyago Lau, E., Fioladori, G., Parker, R., Villa, L., Robles-Beimont, E., & Arteaga Figueroa, E. (2016). Inventory of nanotechnology companies in Mexico. *Journal of Nanoparticle Research*, 18(43), 1–13. <https://doi.org/10.1007/s11051-016-3344-y>
- Berger, M., Carrozza, T., & Ballo, G. (2021). *Nanotecnología y sociedad en Argentina. Para una agenda inter y transdisciplinaria* (1a ed., Vol. 1). Centro Latinoamericano de Formación Interdisciplinaria.
- Bermúdez, J., Cuéllar, F., Duarte, A., Herrera, O., Osma, J. F., & Záyago Lau, E. (2018). Inventario de empresas nanotecnológicas en Colombia. En G. Fioladori, N. Invernizzi, J. F. Osma, & E. Záyago Lau (Eds.), *Cadenas de producción de las nanotecnologías en América Latina: Argentina, Brasil, Colombia y México* (pp. 125–135). Universidad de los Andes, ReLANS, Red Nano Colombia.
- European Chemicals Agency ECHA. (2019). *National reporting schemes*. EUON. <https://euon.echa.europa.eu/national-reporting-schemes>
- National Nanotechnology Initiative (NNI). (2000). *What is nanotechnology?* <https://www.nano.gov/nanotech-101/what/definition>
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2002). *Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las Actividades Económicas (CIIU) Revisión 3.1*. Naciones Unidas. [https://unstats.un.org/unsd/publication/series/seriesm/seriesm\\_4rev3\\_1s.pdf](https://unstats.un.org/unsd/publication/series/seriesm/seriesm_4rev3_1s.pdf)
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2008). *International Standard Industrial Classification of all economic activities (ISIC) (Rev. 4)*. United Nations.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2021). *Introduction to CPC*. Economic statistics. <https://unstats.un.org/unsd/classifications/Econ/cpc>
- Tsuzuki, T. (2009). Commercial scale production of inorganic nanoparticles. *International Journal of Nanotechnology*, 6(5), 567–578. <https://doi.org/10.1504/IJNT.2009.024647>

## AGRADECIMIENTOS Y CONTACTO

- Al Proyecto Ciencia de Frontera 304320 del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).
- A la Unidad Académica de Estudios del Desarrollo, de la Universidad Autónoma de Zacatecas.



# Desafíos de la nanomedicina personalizada para la salud pública

Guillermo Foladori, Ericka Y. Bracamonte-Arámbaro

Proyecto: Una revisión crítica de desarrollo de las nanotecnologías en México acorde a las prioridades estratégicas nacionales (Conacyt-Ciencia de Frontera #304320)

## Introducción:

La medicina personalizada comienza muy recientemente en EUA y Europa aproximadamente desde 2015.

Se pretende exponer las potenciales contradicciones sociales que pueden surgir en ambientes políticos, económicos y sociales.

En México existe INMEGEN, un centro de medicina genómica



## Antecedentes del tratamiento terapéutico

Desde tiempos milenarios, las diferentes terapias trataban al organismo como unidad, y las enfermedades se explicaban como un desequilibrio corporal; por lo que para sanar la enfermedad se requería regresar al equilibrio de la persona, tomando en cuenta no solo la enfermedad sino diversos factores de la persona y del ambiente.

La medicina moderna, hegemónica desde el siglo XX dejó de lado esta tradición privilegiando las partes sobre el todo y la causa externa (e.g. germen como causa de enfermedad), lo cual ha tenido consecuencias como la resistencia a antibióticos o efectos adversos de los fármacos.

## Una mirada de la medicina de precisión desde la salud pública

Medicina personalizada: medicamentos o terapias que tienen como objetivo una diana molecular (ya sea un gen o un producto de este, como proteínas, metabolitos, etc.) que está basado en datos genéticos de un GRUPO o SUBPOBLACIÓN a la cual el paciente corresponde.

Resultados exitosos: se ha demostrado efectividad en enfermedades raras, o de un solo gen, diversos tipos de cáncer, predicción a diversos efectos adversos de algunos fármacos.

Incertidumbres: se toma al organismo como un ente fijo; no todas las personas son candidatas a un tratamiento de medicina personalizada; el tratamiento de subgrupos puede que al irse reduciendo la cantidad de personas candidatas para tal medicamento las farmacéuticas desistan por la pérdida de ganancias.



## Tendencias e incertidumbres de la medicina de precisión para la política de salud pública

El organismo sufre mutaciones o cambios epigenéticos, por lo que puede no necesitar el tratamiento que indican sus biomarcadores. La medicina de precisión tiene un enfoque reduccionista. Imposición de un solo tipo de medicina. Desigualdades económicas entre países. regulaciones jurídicas, poca personal capacitada, el interés económico de las farmacéuticas, pocos datos genéticos de personas no europeas.

## Conclusiones

La medicina personalizada tiene como base los datos genéticos de las personas, lo cual tendría ventajas desde el nivel preventivo como en enfermedades ligadas muy estrechamente a lo genético, sin embargo no hay que dejar de lado las controversias que se generan con esto antes de tomar una decisión en materia de política pública.



## Referencias

European Alliance for Personalised Medicine. (s/f). Recuperado el 22 de julio de 2022, de <https://www.euapm.eu/>

Foladori, G., & Bracamonte-Arámbaro, E. Y. (2022). Nanomedicina personalizada. En *diccionario. Instituto Nacional de Medicina Genómica. (s/f)*. Recuperado el 21 de julio de 2022, de <https://www.inmegen.gob.mx/>

Klein, K., Borchard, G., Shah, V. P., Flühmann, B., McNeil, S. E., & Vlieger, J. S. B. (2021). A pragmatic regulatory approach for complex generics through the U.S. FDA 505(j) or 505(b)(2) approval pathways. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1502(1), 5-13. <https://doi.org/10.1111/nyas.14662>

## Agradecimientos



[www.relans.org](http://www.relans.org)  
[relans2010@gmail.com](mailto:relans2010@gmail.com)

# Aplicaciones de la nanoadsorción y nanofiltración en el tratamiento de drenaje ácido de mina

## Proyecto Conacyt - Ciencia de frontera No. 304320

Responsables Técnicos: Dra. Ruth Robles y Dr. Guillermo Foladori

Unidad Académica en Ciencias de la Tierra (UACT) y Unidad Académica en Estudios del Desarrollo (JAED).  
Universidad Autónoma de Zacatecas (UAZ), México

Noviembre 2022

### Antecedentes

El drenaje ácido de mina (DAM) es uno de los impactos ambientales más importantes en las operaciones mineras. Generalmente, este contaminante es tratado a través de métodos convencionales que generan grandes cantidades de residuos. Pocas veces, el DAM ha sido visto como una fuente de recursos donde se pudiera extraer ácido sulfúrico, diversos metales, elementos pertenecientes a las tierras raras y agua.

Los tratamientos emergentes basados en nanoadsorción y nanofiltración podrían ayudar a acrecentar esta concepción en conjunto con otros tratamientos convencionales. No obstante, a pesar de que la nanotecnología en la actualidad presenta grandes avances, estos métodos aún se encuentran en vías de desarrollo muy por debajo de las tecnologías de explotación de minerales su oferta en los mercados es limitada debido a sus altos costos, algunas fallas técnicas y a que la minería se encuentra enfocada en reducir sus costos operacionales más que remediar sus impactos.

Además de que, las legislaciones ambientales aún no impulsan la aplicación de estas nuevas tecnologías que prometen grandes beneficios para el ambiente, dados los incertidumbres en el ambiente y en la salud humana que se pudieran presentar durante su aplicación.

### Objetivo

La presente investigación realiza una revisión del estatus actual de la nanoadsorción y la nanofiltración en el tratamiento de DAM; tecnologías que remueven contaminantes y que requieren ser acompañadas de otras técnicas convencionales para la recuperación total de los recursos inmersos en este contaminante.

**Palabras clave:** minería; drenaje ácido de mina; tratamiento; nanotecnología; nanoadsorción; nanofiltración; fuente de recursos.

### Desarrollo y temas clave [visite [www.re.lans.org](http://www.re.lans.org)]

El DAN es un residuo frecuente en las operaciones mineras, se produce por la disolución oxidativa de minerales de sulfuro (Simola & Ndlovu, 2014). Este contaminante puede solubilizar metales tóxicos en niveles que pueden afectar los ecosistemas y, con ello, la salud de los seres humanos (Taylor et al., 2005). El DAM contiene concentraciones moderadas de ácido sulfúrico, concentraciones altas de metales de transición como el fierro, el aluminio, el cobre y el zinc, y, a veces, cantidades pequeñas de elementos pertenecientes a las tierras raras (López et al., 2019, p. 180). La utilización de la nanoadsorción y nanofiltración en conjunto con otros tratamientos convencionales podrían facilitar la recuperación de estos constituyentes y llevar el manejo del DAM a un nivel más sustentable. La figura siguiente presenta un esquema general de los constituyentes del DAM susceptibles de recuperarse.



Fuente: adaptado de Naidu et al., (2019).

### Desarrollo y temas clave [visite [www.re.lans.org](http://www.re.lans.org)]

Los nanomateriales con propiedades adsorbentes comienzan a ser una de las tecnologías más novedosas y efectivas para eliminar diversos tipos de contaminantes debido a su amplia área superficial y a sus propiedades físico-químicas (Sarma et al., 2019). Los metales pesados más comunes que pueden ser eliminados de soluciones acuosas por este método incluyen As, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg y Ni, Sb, Pol, Pt, U y Th (Dubey et al., 2017, p. 654).

Por su parte, la nanofiltración es un tratamiento que puede mejorar el manejo de DAM, debido a que recupera ácido sulfúrico y, simultáneamente, concentra elementos valiosos que pueden ser valorados después de la eliminación adecuada de fierro (López et al., 2019, p. 180). La nanofiltración no es una técnica óptima para la recuperación selectiva de metales, para ello, es necesario integrar otros procesos convencionales (Naidu et al., 2019). Existe una tendencia reciente, que es el desarrollo de un sistema que combina procesos de separación de membrana, intercambio iónico y extracción por solvente para la recuperación de subproductos del DAM, con lo cual se logran procesos mineros más amigables con el ambiente (Morera et al., 2021).

El cuadro siguiente muestra algunos estudios desarrollados en DAM que involucran las tecnologías en estudio.

Estudio	Resultado	Referencia
Uso de nanopartículas de óxido de níquel de ciclo hidrógeno y oxidación con H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> como adsorbentes para eliminar iones metales pesados Cd(II), Zn(II) y Cu(II)	Eliminación de 1000 mg/L y 2.0 mg/L de capacidad máxima de carga con una concentración de 0.5 mg/L de nanopartículas adsorbentes. Se determinaron eficiencias de adsorción superiores al 95,04% para Cu(II), Zn(II) y Cd(II)	Karim et al., 2019
Remoción y adsorción de elementos de tierras raras (Sc, Y y La)	Se obtuvo la mayor capacidad de adsorción reportada en la literatura para Yb, La, Ce y Sc mg/g en condiciones de adsorción inicial de 1000 mg/L de LaCl <sub>3</sub> y YCl <sub>3</sub> pH 4.5 y una temperatura de 25 °C.	Cano & Saeed, 2016
Deposición de la selectividad de iones: Cr <sup>3+</sup> , Ni <sup>2+</sup> y elementos pesados como vanadato (V <sup>5+</sup> ), H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> de una membrana de nanofiltración: NF20, NF20 y NF40	La membrana NF50 tiene una eficiencia de 100% en Cr <sup>3+</sup> , en tanto que las membranas NF20 y NF40 mostraron buenas resultados en la separación de Ni <sup>2+</sup> y Cr <sup>3+</sup> a pH <sup>3</sup> respectivamente.	Zhou et al., 2021
Ingeniería de nanoestructuras, membranas NF-30 y ósmosis inversa (FO-RO) para recuperar subproductos metales y agua	Se recuperó una cantidad de ácido sulfúrico con una concentración 99% mayor que la alimentación, una corriente enriquecida con metales (retención cercana al 95%) y una corriente de agua de recuso de alta calidad.	Elouadi et al., 2013

### Referencias

Amor, J., Soto, A., de Alencastro, J., Robles, R., Robles, G., y Foladori, G. (2022). Tratamiento de drenaje ácido de mina por nanofiltración. *Revista de Ingeniería y Tecnología*, 13(1), 1-10.

Cano, G., y Saeed, S. (2016). Remoción y adsorción de elementos de tierras raras por nanofiltración. *Journal of Engineering Research*, 14(1), 1-10.

Chang, S., Bhatnagar, S., y Gupta, S. K. (2015). Adsorption of heavy metal ions from aqueous solution using carbon nanotubes: A review. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 5(1), 1-10.

Elouadi, M., y Saeed, S. (2013). Recovery of sub-products from acid mine drainage using nanofiltration and reverse osmosis. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 3(1), 1-10.

Foladori, G., y Robles, R. (2019). Tratamiento de drenaje ácido de mina por nanofiltración. *Revista de Ingeniería y Tecnología*, 10(1), 1-10.

Guo, Y., y Wang, Y. (2019). Adsorption of heavy metal ions from aqueous solution using carbon nanotubes: A review. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(1), 1-10.

Naidu, S., y Saeed, S. (2019). Recovery of sub-products from acid mine drainage using nanofiltration and reverse osmosis. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(1), 1-10.

Robles, R., y Foladori, G. (2019). Tratamiento de drenaje ácido de mina por nanofiltración. *Revista de Ingeniería y Tecnología*, 10(1), 1-10.

Sarma, S., y Saeed, S. (2019). Recovery of sub-products from acid mine drainage using nanofiltration and reverse osmosis. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(1), 1-10.

Taylor, C. R., y Saeed, S. (2005). Recovery of sub-products from acid mine drainage using nanofiltration and reverse osmosis. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 5(1), 1-10.

Zhou, Y., y Saeed, S. (2021). Recovery of sub-products from acid mine drainage using nanofiltration and reverse osmosis. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 11(1), 1-10.

### Agradecimientos



[www.re.lans.org](http://www.re.lans.org)  
[relans2010@gmail.com](mailto:relans2010@gmail.com)

# Educación de las Nanotecnologías en México y la formación en riesgos y medio ambiente

Laura Liliana Villa Vázquez, Iván Torres Hernández

Proyecto CONACYT – Ciencia de Frontera No. 304320

Universidad Autónoma de Zacatecas- Unidad Académica de Economía



## INTRODUCCIÓN

Hoy en día 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. A diferencia de otros países en América Latina, México no cuenta con programas que sistematizan información sobre el desarrollo de estas tecnologías. En ese sentido, en el presente trabajo compilamos información referente a las instituciones de educación superior (IES) que otorgan grados académicos de licenciaturas o posgrado en NTs en México. Se exploran si los planes de estudios contemplan la instrucción en temas sobre implicaciones sociales, riesgos o medio ambiente.

## ANTECEDENTES

México es uno de los países líderes en América Latina en cuanto al avance de las NTs al considerar infraestructura, recursos humanos, financiamiento y producción científica en el tema (Záyago et al., 2020). Existen múltiples IES que ofrecen programas con orientación en NTs, además de los Centros Públicos de Investigación que participan con oferta académica en el tema.

A nivel internacional, existen varias bases de datos que registran cursos, carreras técnicas y profesionales, especialidades, maestrías y doctorados sobre estas tecnologías. La información sobre programas educativos de NTs en México se encuentra de forma dispersa. El antecedente que se tiene en el país de la primera universidad que instauró un programa 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 & Méndez Ramos, 2011).

En México, la especialización en 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 universitario (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.

## OBJETIVOS

Identificar y sistematizar los programas de educación superior orientados a las NTs en México. A la par de lo anterior, se revisarán los planes y programas de estudio con el objetivo de explorar la relevancia que otorgan las IES en la instrucción sobre los temas de riesgos, implicaciones sociales y medio ambiente.

## METODOLOGÍA

Las herramientas metodológicas se desplegaron en tres procesos.

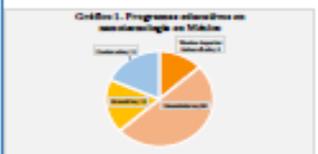
Primero se definieron los criterios de búsqueda para determinar qué programas educativos se incluían en la base de datos. (Universidades, centros de investigación y laboratorios) de acuerdo con la adopción del prefijo "nano" en la descripción del programa.

En un segundo momento se aplicaron herramientas descriptivas para especificar e informar sobre la ubicación y características de los programas académicos que ofrecen grados universitarios en NTs.

El tercer proceso metodológico implicó analizar la malla curricular de los programas de estudio para detectar la presencia de temáticas sobre riesgos e implicaciones sociales y aspectos ambientales. Esto se hizo a partir de la exploración del contenido curricular de cada uno de los programas para verificar si tenían asignaturas vinculadas con estas temáticas.

## RESULTADOS

Se identificaron un total de 60 grados académicos en México con el prefijo "nano". Fueron 8 grados de técnicos superiores universitarios (TSU), 30 licenciaturas (24 definidas como ingenierías y 6 licenciaturas), 11 maestrías, y 11 doctorados.



Elaboración propia (2022).

El 83% de los programas son ofertados desde Instituciones de Educación Superior Públicas, el restante por Instituciones Privadas, éstas últimas se interesan por el Instituto Tecnológico de Monterrey, el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente (ITESO) así como la Universidad de las Américas.



Elaboración propia (2022).

Cuando se ordena la información de los programas educativos por entidad federativa, encontramos que de los 32 estados existen programas educativos en el tema en 21 de ellos. 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 1.

Tabla 1. Programas de nanotecnología por entidad federativa (2022)

Entidad	Cantidad
Estado de México	8
Nuevo León	6
Baja California	5
Hidalgo	4
Querétaro	4
Jalisco	4
SLP	3
Morelos	3
Tlaxcala	3
Chihuahua	2
Veracruz	2
Michoacán	2
Tamaulipas	2
Ciudad de México	2
Sonora	2
Puebla	1
Sinaloa	1
Coahuila	1
Durango	1
Guatemala	1
Chiapas	1
Elaboración propia (2022)	60

El gráfico 1 muestra la ubicación de los distintos programas por nivel educativo a lo largo y ancho de la República Mexicana.

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



Fuente: Villa, Laura Liliana & Arriaga Figueroa, E. (2022).

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; Gotardo et al., 2021). La revisión de la tira de materias de los 60 programas compilados evidenció la falta de interés sobre los temas de riesgos e implicaciones sociales de las nanotecnologías. Se encontró un programa de ingeniería con una asignatura sobre los impactos sociales de las NTs. En relación al medio ambiente fueron un total de 19 programas educativos los identificados con asignaturas en el tema, 18 de ellos son licenciaturas y una maestría; para el caso de las carreras de técnico superior universitario y posgrados los contenidos analizados no integran el debate en ese tópico.

Lo anterior muestra que los planes y programas de estudio se encuentran desfasados; el tema de las implicaciones y riesgos sociales tiene una limitada presencia, de igual forma el tema medio ambiental, que si bien está contenido en algunos planes de estudio, no figura como un tema transversal en los contenidos.

## CONCLUSIONES

La presencia de opciones académicas en materia nanotecnológica está en 21 de las 32 entidades federativas, 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, 11 Maestrías y 11 Doctorados. Del total, son 22 programas que contienen en su malla curricular asignaturas sobre nanotecnología, seguridad, nanofética. Sobre riesgos e implicaciones sociales se encontró solamente un programa.

La omisión de integrar los impactos y riesgos sociales de las NTs va contra corriente de lo que sucede en el Norte Global. 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).

## REFERENCIAS

- ANUIES, (2021). Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior de México. Anuario estadístico de educación superior. Julio 5, 2021.
- Greenberg, A. (2009). Integrating Nanoscience into the Classroom: Perspectives on Nanoscience Education Projects. *ACV News*, 3(4), 762-769. <https://doi.org/10.1016/j.acv.2009.03.002>
- Gotardo, S., Mach, A., Debelkovic, J., Malyka, A., Berwath, S., Steier, J. R., & Raascher, H. (2021). Towards safe and sustainable innovation in nanotechnology: State-of-play for smart nanoparticles. *Nanopaper*, 2, 100297.
- OECD, A. (2008). *Organization for Economic Cooperation and Development. Opportunities and risks of Nanotechnologies*. [oecd.org/licence/index.do? LicenceID=9430234.pdf](https://doi.org/10.1787/9789264032344.pdf)
- SEP (Secretaría de Educación Pública) (19 de marzo del 2015). *Conoce el Sistema Educativo Nacional*. <https://www.sep.gob.mx/separ/informacion-sistema-educativo-nacional>
- Takeuchi, N., & Ramos, M. R. M. (2011). *Divulgación y formación en nanotecnología en México. Anillo Negro: Anuario Interdisciplinario en Nanociencia y Nanotecnología*, 4(2).
- Villa, Laura Liliana & Arriaga Figueroa, E. (2022). *Programas educativos en nanotecnología en México (14 ed.)* [Instituciones educativas con programas de nanotecnología]. *Red Latinoamericana de Nanotecnología y Sociedad*.
- Záyago Las, Néstor, Pádelo, Guillermo & Ibarra, Noelia. (eds.) (2020). *Avances en el uso de nanotecnología en América Latina*. Miguel Ángel Porrón.

## AGRADECIMIENTOS Y CONTACTO

Al Proyecto Ciencia de Frontera 304320/2019 del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).  
 Contacto: laura.villa@uaz.edu.mx  
 Zacatecas, Zac., a 04 de noviembre del 2022.

# Implicaciones de las nanotecnologías en la agricultura



María del Carmen Arreola Medina

Universidad Autónoma de Zacatecas-Doctorado en Estudios del Desarrollo

## INTRODUCCIÓN

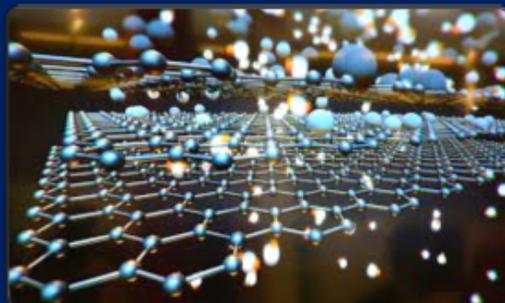
La generación de conocimiento y aplicaciones nanotecnológicas en la agricultura es uno de los campos que en los últimos años ha mostrado rápido crecimiento en la nano-investigación. En la actualidad uno de los retos en cuestión alimentaria se encuentra en producir alimentos nutritivos y en cantidad suficiente para la creciente población mundial, entre los desafíos esta superar los 828 millones de personas que sufieron de hambre e inseguridad alimentaria FAO (2022).

Las nanotecnologías surgen como parte de los avances tecnológicos de manipulación de la materia a escala atómica y molecular, para crear partículas y estructuras que manifiestan funciones nuevas a las de la escala macro (Foladori & Invernizzi, 2012). En sectores como la agricultura se han desarrollado herramientas para la detección de enfermedades en cultivos y productos que mejoran la capacidad de las plantas para absorber los nutrientes y crecer con mayor velocidad, además de la producción de nanofertilizantes, nanopesticidas, nanoherbicidas y nanosensores con miras a incrementar rendimiento de los cultivos (Lira, Méndez, De los Santos, & Vera, 2018).

No obstante, existen estudios científicos que demuestran que algunos de los nanomateriales que se usan en alimentos y productos agrícolas suponen nuevos riesgos para la salud humana e impactos al medioambiente.

## OBJETIVO

El objetivo general es hacer una revisión de las aportaciones científicas acerca de los beneficios del uso de algunos nanomateriales aplicados a la agricultura, así como de las investigaciones acerca de los potenciales riesgos a la salud humana y al medio ambiente.



Fuente: imagen libre de derechos de autor

## HIPOTESIS

Los grandes retos en el tema alimentario llevan a plantear altas expectativas en la revolución que está en marcha: las nanotecnologías aplicadas a la agricultura. Sin embargo, el potencial técnico de las nanotecnologías es parte del conocimiento científico enfocado en la generación de desarrollos tecnológicos que resulten rentables.

En este contexto los riesgos de los componentes nanotecnológicos aplicados a la agricultura y a los alimentos pasan a un segundo término. En México, la escasa investigación en el tema tiene vacíos acerca de los potenciales riesgos en el ser humano y en la naturaleza, además no existe regulación adecuada de la producción y aplicación de estos desarrollos.

## DISCUSIÓN

Investigaciones a favor de la aplicación de las nanotecnologías en la agricultura, así como aquellas que hacen un llamado a la prevención de riesgos, coinciden en que se requiere generar tecnología para producir la cantidad y calidad de alimentos para satisfacer a la creciente población mundial, pero sin poner en riesgo la salud humana, ni degradar el suelo y procurando la reducción impactos en los agroecosistemas.

La gran mayoría de los artículos científicos afirman que la nanotecnología puede transformar la agricultura, haciendo posible la detección molecular de estrés biótico y abiótico, así como para la detección rápida de enfermedades fitopatógenas y el mejoramiento en la capacidad de las plantas para absorber el agua, los nutrientes y los pesticidas (Lira, Méndez, De los Santos, & Vera, 2018). Además, de agroquímicos y nanofertilizantes potencializados. Por ejemplo, se utilizan compuestos de nanocarcilla-plásticos a los que se les ha agregado plaquetas de arcilla nanoscópicas, en caños y plásticos de uso agrícola que permiten la liberación controlada de herbicidas (Foladori & Invernizzi, 2008), entre muchas otras aplicaciones.

Sin embargo, investigaciones realizadas por organizaciones civiles, redes o centro de estudios universitarios, atestiguan algunos de los potenciales riesgos de la aplicación de nanomateriales. La organización Amigos de la Tierra, en su informe sobre "Pesticidas Silenciadores de Genes", advierten que empresas de pesticidas, incluidas Bayer, BASF y Syngenta, en base a la ingeniería genética están desarrollando un tipo de pesticida que matarían las plagas apagando o "silenciando" los genes esenciales para la supervivencia de los insectos transmitiéndose a varias generaciones, el uso será en cultivos de entono abierto. Estos pesticidas explotan un proceso celular llamado interferencia de ARN que ocurre en plantas, hongos y animales, incluidos los insectos. Los ingenieros genéticos activan este proceso utilizando moléculas sintéticas de ARN producidas en laboratorios. Además de este potencial riesgo al ecosistema están los impactos en la salud de agricultores, de trabajadores agrícolas y las comunidades rurales ya que, pueden estar expuestos a los ARN de interferencia sintéticos a través de la deriva del rociado; los riesgos relacionados con la exposición por inhalación son completamente desconocidos (Friends of the Earth, 2020).



Fuente: Lira, Méndez, De los Santos, & Vera, 2018 ES

Las nanotecnologías aplicadas al sector agroalimentario despiertan el interés de las corporaciones y en investigadores que observan el potencial técnico, que puede ser utilizado para cubrir los retos del sistema alimentario. Sin embargo, mientras que los riesgos de impactos ambientales y en la salud humana no sean medidos, podemos aseverar que los beneficios más allá de ser sociales están únicamente impulsados el objetivo genuino la obtención de la ganancia.

Dados los enormes riesgos potenciales y las grandes brechas en el conocimiento sobre la aplicación de las nanotecnologías en la agricultura, y al no haber una regulación adecuada del uso de estas nuevas tecnologías, es necesario que la sociedad civil, los agricultores, los científicos y académicos preocupados presionen por regulaciones estrictas y evaluaciones de riesgo adecuadas antes de permitir comercializar esta tecnología.

## REFERENCIAS

- Foladori, G., & Invernizzi, N. (2012). *Implicaciones sociales y ambientales del desarrollo de las nanotecnologías en América Latina y el Caribe*. Zacatecas, México/Cariño, Brasil: ReLANS/OPIN.
- Lira, R., Méndez, S., De los Santos, G., & Vera, I. (2018). *Potencial de la nanotecnología en la agricultura*. *Acta Universitaria*, 9-24. doi:10.15174/au.2018.1575
- Zhang Lan, E., Foladori, G., Friedrich, S., Arango, E. R., & García Guerrero, M. (2019). *Investigación sobre los riesgos de los nanomateriales en México*. En O. Foladori, A. Henry, N. Invernizzi, & E. Zhang Lan, *Nanotecnología en América Latina: trabajo y regulación* (págs. 155-170). México: MAJormas-UNAM.
- FAO. (2022). *Hambre e inseguridad alimentaria*. Obtenido de <https://www.fao.org/>
- Friends of the Earth. (24 de Octubre de 2022). Obtenido de Friends of the Earth: <https://foe.org/>



carmenam@uaz.edu.mx



ReLANS

# Inteligencia Artificial

## Definiciones, debates y desafíos

Mg. Esp. Betiana Vargas y Mg. Esp. Eduardo Meneses

Unidad Académica de Estudios del Desarrollo (UAED) - Universidad Autónoma de Zacatecas (UAZ), México

### ¿Qué es la Inteligencia Artificial (IA)?

Aunque la primera mención al término de Inteligencia Artificial (IA) data hace más de 70 años (Turing, 1950), **no existe, hasta el día de hoy, un consenso en torno a su definición.**

La IA puede ser concebida como:

- un **campo científico**, que estudia la posibilidad de su existencia;
- un **campo del desarrollo tecnológico**, enfocado hacia las aplicaciones concretas de sus tecnologías asociadas;
- un **artefacto tecnológico** en sí.

Asimismo, pueden categorizarse diferentes enfoques de análisis, según si se refieren a procesos de razonamiento o de comportamiento, al igual que si se centran en recrear procesos que buscan imitar la Inteligencia humana o generar una racionalidad propia (Russell y Norvig, 2008).

En cuanto al funcionamiento de la IA, un sistema de aprendizaje automático está compuesto por: 1) datos de entrenamiento; 2) algoritmo de aprendizaje; 3) aplicación de modelo estadístico (Pasquinelli, 2019)

La Inteligencia Artificial se encuentra en una **Intersección Interdisciplinaria** que abarca diversas disciplinas, tales como: filosofía, matemáticas, economía, neurociencias, psicología, Ingeniería computacional, lingüística, cibernética, etc.

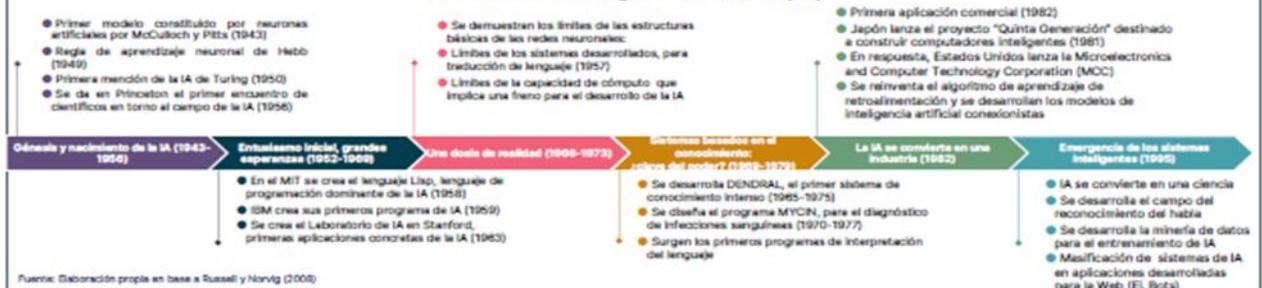
### Debates en torno a la IA

El debate público sobre la IA permanece polarizado entre:

- una **posición integrada**, que confía en que las matemáticas resolverán todos los problemas y que la automatización masiva se desarrollará sin perturbaciones para el orden social;
- una **posición apocalíptica**, que anuncia una próxima edad oscura de la razón, en la cual las máquinas pierden el control acentuando, así, representaciones respecto al llamado "efecto de caja negra". Esta última posición asume que los sistemas de IA no pueden ser estudiados, conocidos y controlados;
- una tercera corriente de **visión crítica** de la IA, que intenta reconocer y discutir la esencia de la misma, así como los errores y límites de los modelos estadísticos.

Para Crawford (2021) la **IA no es ni inteligente ni artificial**. Por un lado, si bien los sistemas computacionales pueden imitar procesos racionales, no pueden acercarse a la complejidad del pensamiento humano. Por otro lado, no puede considerarse un proceso artificial, puesto que la IA no tiene autonomía alguna. En efecto, ésta requiere entrenamientos computacionales intensivos, basados en grandes bases de datos y sistemas de reglas y recompensas que implican estructuras y determinaciones sociales y políticas.

### Historia de la Inteligencia Artificial (IA)



### Mitos y verdades sobre la IA

**Mito: IA Neutra, justa y exacta**      **Verdad: La IA tiene alcances y limitaciones**

La IA no está exenta de sesgos. Reconocerlos constituye una buena forma para ilustrar los alcances y limitaciones de los modelos estadísticos.

Pasquinelli (2019) identifica:

- **Sesgo del mundo**, refiere a los sesgos presentes en la sociedad antes de la intervención tecnológica;
- **Sesgo de los datos**, se introduce a través de la captura, formato y etiquetado de datos del conjunto de datos de entrenamiento;
- **Sesgo algorítmico**, es la amplificación de los dos sesgos anteriores, causado por errores computacionales, compresión de información y técnicas de aproximación de algoritmos de aprendizaje automático.

**Mito: La IA va a resolver todos los problemas**      **Verdad: La IA tiende a ampliar brechas**

Es probable que el crecimiento impulsado por la IA sea muy desigual. Se espera que la IA genere casi 4 billones de dólares estadounidenses en valor agregado para 2022. Para 2030, se espera que las ganancias económicas sean más fuertes en China y América del Norte, lo que representa el 70 % del impacto económico global de la IA. La IA tiene una dinámica de "el ganador se lo lleva todo" que debe regularse (UNESCO, 2021). La concentración de la IA en manos de unas pocas corporaciones y economías del Norte global, probablemente deje atrás a vastos sectores sociales a nivel mundial, generando consecuencias irreversibles. Asimismo, las minorías sociales a menudo quedan fuera del radar de la IA. El caso de las desigualdades de género es representativo. Solo el 22 % de todos los profesionales de IA son mujeres. No es casual que los asistentes personales virtuales como Siri, Alexa o Cortana sean "mujeres". El servilismo y, a veces, la sumisión que expresan son un ejemplo de cómo la IA puede (continuar) reforzando y propagando los prejuicios de género en nuestras sociedades (UNESCO, 2021).

**Mito: La IA no afecta nuestra vida cotidiana**      **Verdad: Alcance totalizador de la IA**

La adopción de nuevas tecnologías bajo la llamada Industria 4.0 o Cuarta Revolución Industrial (Schwab, 2017) ha reconfigurado toda la cadena productiva (Cepal, 2021). Con el advenimiento de la Pandemia por COVID-19, la extensión a otros ámbitos ha sido significativa. Acompañada de otras tecnologías como bio y nanotecnología, robótica, Internet de las Cosas (IIOT), plataformas digitales, impresión 3D, realidad virtual y realidad aumentada, han logrado intrínsecamente en todos los espacios de la vida social, mediando las relaciones sociales. El alcance totalizador de estas tecnologías se presenta como un desafío para las democracias.

### Efectos de la IA

Bajo este marco, es posible mencionar dos grandes efectos:

- **Efecto de caja negra:** "Caja negra" es un término popular que se utiliza para describir los confines desconocidos de la tecnología. Se ha convertido en una metáfora genérica para indicar la aparente complejidad de los sistemas de IA, que pueden parecer inescrutables, ajenos y fuera del control de las sociedades. Por ejemplo, Deep Learning, o aprendizaje profundo, deja en evidencia la complejidad con la que funciona este tipo de tecnologías, desconocidas aún por la ciudadanía.
- **Efecto de normalización:** El aprendizaje automático requiere una reducción de etiquetas y categorías que están inicialmente presentes en los conjuntos de datos de entrenamiento. El efecto de normalización se origina a partir de la pérdida de información, indefectible para el funcionamiento de los modelos estadísticos. Dicha reducción conduce a la reducción de taxonomías culturales y, por lo tanto, a la pérdida de diversidades sociales y culturales, silenciando a minorías y reforzando estereotipos (Pasquinelli, 2019). La normalización, a través de la aplicación de códigos y reglas, constituye uno de los principales desafíos para la gobernanza de las sociedades digitales.

### Referencias bibliográficas

- CEPAL (2021). Tecnologías digitales para un nuevo futuro [LC/TS.2021/43]. Santiago.
- Crawford, K. (2021). The atlas of AI: Power, politics, and the planetary costs of artificial intelligence. Yale University Press.
- Pasquinelli, M. (2019). How a Machine Learns and Falls – A Grammar of Error for Artificial Intelligence. spheres: Journal of Digital Cultures 5 (Spheres of AI).
- Russell, S. J., y Norvig, P. (2004). Inteligencia Artificial: un enfoque moderno. Ed. Alhambra.
- Turing A. (1950). Computing Machinery and Intelligence. Mind, 59 (236), pp. 433-460.
- UNESCO (2021). Cosas que debes saber sobre la IA. Recuperado de: <https://www.unesco.org/es/artificial-intelligence/recommendation-ethics>

### Agradecimientos



**Veanse power point de presentaciones en:**

**<https://relans.org/presentaciones-ciencia-de-frontera/>**

**Véanse posters para ampliar en:**

**<https://relans.org/posters-ciencia-de-frontera/>**

**entrevistas, artículos, bases de datos etc...:**

**<https://relans.org/proyecto-ciencia-de-frontera/>**

**contacto: [relans2010@gmail.com](mailto:relans2010@gmail.com)**