



PARTIDO ACCIÓN NACIONAL

“La Ciencia como motor de desarrollo económico en México y Latinoamérica: Nanotecnología y su ecosistema”

Angélica Jacqueline Vázquez Romero.

Diciembre 2022



Contenido

I. INTRODUCCIÓN.....	4
II. JUSTIFICACIÓN.	6
III. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
IV. PLANTEAMIENTO Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.	8
V. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL DE REFERENCIA.....	10
VI. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS	22
VII. PRUEBAS EMPÍRICAS O CUALITATIVAS DE LA HIPÓTESIS..	23
VIII. CONCLUSIONES Y NUEVA AGENDA DE LA INVESTIGACIÓN.	70
IX. BIBLIOGRAFÍA.....	72



PARTIDO ACCIÓN NACIONAL

Resumen

En la presente investigación se explora la implementación e inserción de la ciencia como un factor de desarrollo económico, científico y tecnológico de México y Latinoamérica en el marco del desarrollo humano, en particular sobre la nanotecnología. Se reflexiona sobre el rezago en la materia pese a tener un alto potencial en esta área y sobre la necesidad por parte de los centros de investigación de apoyos externos tales como financiamiento y la importancia de contar con un marco regulatorio y con políticas públicas claras en la materia.

*La autora es Lic. En Contabilidad, por las IESCA, Campus Ciudad de México. Correo electrónico: vara-14@hotmail.com. Las opiniones contenidas en este documento corresponden exclusivamente al autor y no representan necesariamente el punto de vista de SMR Consultores y Gestores Empresariales S.C.



I. Introducción.

El presente documento está elaborado desde el método deductivo es decir de lo general a lo particular y desde una perspectiva de derechos fundamentales, de manera general hablaremos sobre el reconocimiento de la ciencia como un derecho humano, ya que ésta , “la ciencia” ha sido uno de los “derechos olvidados” que no ha tenido el mismo desarrollo que otros derechos a nivel global y regional, incluso así lo ha reconocido la UNESCO y es con base en ello que nuestro marco teórico en la investigación será el garantismo y el desarrollo humano.

Una de las áreas de la ciencia y la tecnología que han tenido mayor fuerza en la última década es la nanotecnología; la aplicación de la nanotecnología en los negocios incrementa el valor agregado de los productos y servicios, disminuye los costos de producción y puede traer grandes beneficios a los problemas del mundo. Por esto la nanotecnología es altamente innovadora y tiene un gran potencial para las empresas que decidan implementarla, para lograrlo es importante entender el panorama del ecosistema de la nanotecnología en México y sus alrededores (Latinoamérica) para conocer la importancia de la participación colaborativa entre el gobierno, la comunidad empresarial y la comunidad científica como factor de desarrollo y crecimiento económico y social del país y de éste con respecto a sus países vecinos.

La justificación tanto para declarar a las nanotecnologías como un área prioritaria de desarrollo como para destinar financiamiento público a esta misma radica en elevar la competitividad, ya que el desarrollo de tecnologías sofisticadas permitirá mejorar la competitividad internacional, y ésta conducirá al desarrollo y al bienestar de la sociedad global o de los sectores que la desarrollen. Pero el incremento de la competitividad no es ninguna garantía de bienestar como ha sido demostrado en muchos casos. México, por ejemplo, incrementó su competitividad inmediatamente después de entrar en el Tratado de Libre Comercio de América del Norte en 1994 hasta el 2000, pero paralelamente aumentó la pobreza y la diferenciación social. El discurso oficial también dice que las nuevas tecnologías implicarán nuevas fuentes de empleo, pero no se dice que cuanto más avanzadas son las industrias menos empleo generan, y tampoco se dice cómo este tipo de tecnologías puede ser disruptiva, provocando el desempleo y cierre de empresas menos competitivas. Tampoco se comenta que, dado el nivel de desagregación y globalización de las cadenas productivas, se puede participar en una de ellas en términos materiales siendo marginal el valor recibido. En ese orden de ideas, el tema de la ciencia e



PARTIDO ACCIÓN NACIONAL

innovación siempre es polémico, sin embargo, uno de los objetivos de la investigación es visibilizar la falta de marco regulatorio claro y de políticas públicas en la materia.



II. Justificación.

La investigación con relación a la ciencia está vinculada directamente con la agenda 2030 y los objetivos de desarrollo sostenible, en particular con el Objetivo 9: “*Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación*”. Contribuye al reconocimiento y acceso a la ciencia como un derecho fundamental.

La característica material de esta Revolución Tecnológica es que el cambio sucede en la funcionalidad de la materia prima. Basta que se introduzca nano-materia prima, que en términos materiales de masa o volumen es insignificante, para que el producto final resulte diferente frente a la antigua competencia. Pero en términos de valor la situación es diferente. El agregado de valor por la incorporación de nanopartículas puede ser totalmente marginal respecto del valor final del producto. Por lo anterior, es relevante su estudio en la actualidad: para poder conocer de qué manera su implementación puede permear en la economía de este siglo y evaluar sus ventajas y desventajas de forma objetiva y determinar qué falta para fortalecer el marco regulatorio y las políticas públicas en la materia.



III. Objetivos de la investigación.

Esta investigación tiene por objeto reflexionar sobre el tema de la ciencia como un derecho humano, y se estudia la nanotecnología en México desde una perspectiva de desarrollo sostenible; se centra en el análisis del entorno de México con respecto al resto de Latinoamérica enfocándose en la comparación del desarrollo de normatividades, número de patentes, empresas líderes, universidades y centros de investigación, asociaciones, revistas, entre otros, durante la última década, a partir de una revisión bibliográfica para identificar tanto su posición en el área de la nanotecnología, así como conocer las áreas de oportunidad que tiene y aquellas que aún necesitan ser mejoradas. Se reflexiona sobre la necesidad de un marco regulatorio y políticas públicas en la materia.



IV. Planteamiento y delimitación del problema.

La Ciencia es un Derecho Humano. Así lo reconocen la Declaración Universal de los Derechos Humanos (1948) y el Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales (1966). A nivel interamericano, la Declaración Americana de Derechos y Deberes del Hombre (1948) y el Protocolo de San Salvador sobre Derechos Económicos Sociales y Culturales – DESC (1988), también lo hacen, sumando al progreso tecnológico en la declaración.

A pesar de figurar como derecho desde hace tiempo, la ciencia ha sido poco profundizada como tal. La necesidad por desarrollar este aspecto gana especial relevancia en estos tiempos donde ganan fuerza movimientos negacionistas del conocimiento y la evidencia, y donde la fake science o la ciencia dudosa empieza a ser una amenaza; en tiempos donde los avances científicos y tecnológicos presentan cada vez mayor impacto sanitario, político, ético, social y ambiental. Toda persona debe poder contar con las herramientas necesarias para aprovechar el avance de la ciencia y la tecnología en su provecho y el de la sociedad.¹

Avanzada la segunda década del siglo XXI, muchos países de América Latina han tenido grupos de investigación en nanotecnología y sus gobiernos han manifestado que se trata de áreas prioritarias de desarrollo. Al menos en países –como Brasil, México y Argentina–, la investigación en las ciencias de materiales a escala nanométrica no fue resultado de ninguna política pública al respecto. Publicaciones científicas de los años noventa lo demuestran, aunque en aquel entonces el término “partículas ultrafinas” era de uso más común que el actual de nanomateriales. Desde finales de los años noventa, se colocaban a las nanotecnologías como un área prioritaria de desarrollo científico-tecnológico junto con las tecnologías de información y la biotecnología.²

La tendencia a la homogeneización de las políticas públicas en Ciencia y Tecnología (CyT) tiene una larga secuencia de datos. Instituciones internacionales como la Organización de Estados Americanos (OEA), el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) impulsan políticas comunes de CyT en América Latina. El Banco Mundial (BM) fue pionero colaborando

¹ <https://es.unesco.org/fieldoffice/montevideo/DerechoALaCiencia>

² Foladori, Guillermo. (2016). Políticas Públicas en Nanotecnología en América Latina. Problemas del desarrollo, 47(186), 59-81.



en el financiamiento de los proyectos Milenio en nanotecnología, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) presionando para la reestructuración de todo el sector de ciencia y tecnología en México; la OEA colocando a las nanotecnologías como área prioritaria en sus asesorías a los diferentes países de la región.

Esto no significa que su aplicación sea igual en todos los casos, pero en la mayoría de los países pueden distinguirse rasgos comunes derivados de aquellos lineamientos. Un ejemplo de este isomorfismo es la declaración de las nanotecnologías como área prioritaria de desarrollo.

En el caso mexicano, aun cuando no existiese una iniciativa gubernamental para el apoyo a las nanotecnologías, entre 1998 y 2004, el Consejo Nacional de Ciencia y tecnología (CONACyT) apoyó 152 proyectos de investigación relacionados con nanotecnología y nanociencias, los cuales involucraron 58 instituciones, otorgándoles 14.4 millones de dólares como presupuesto.³

México, al ser un país en vías de desarrollo con un presupuesto que apuesta por nuevas tecnologías un día y al otro día se arrepiente, es difícil controlar el impacto de las repercusiones sociales y ambientales de los materiales.

Se reconoce que los países intermedios y en desarrollo podrían ser vulnerables a los riesgos asociados con la aplicación de la nanotecnología, particularmente dadas las debilidades de los sistemas regulatorios, pero también pueden estar rezagados con respecto a las economías desarrolladas en la obtención de beneficios económicos de esta tecnología emergente.

³ Álvarez, M, et al (2011) Nanociencia y nanotecnología: Panorama actual de México. ISBN: 9786070224805



V. Marco teórico y conceptual de referencia.

Desarrollo Humano

El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) ha promovido el concepto de desarrollo humano definido como el proceso de ampliación de las posibilidades de elegir de los individuos que tiene como objetivo expandir la gama de oportunidades abiertas a las personas para vivir una vida saludable, creativa y con los medios adecuados para desenvolverse en su entorno social.

Ahora bien, dentro del marco de soluciones para mejorar las capacidades de los seres humanos, se encuentra el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), que se ha encargado de realizar informes sobre el desarrollo humano en todo el mundo desde 1990, promoviendo que se lleven a cabo estos estudios también a nivel local para la elaboración de estrategias *ad hoc* a cada nación. Estos informes señalan la importancia de las libertades que poseen el hombre y la mujer para ser y hacer lo que desean; al mismo tiempo resaltan el hecho de que, sin la oportunidad de gozar de ciertos elementos básicos como el de disfrutar de una vida larga y saludable, de educación o del acceso a recursos como el agua o la luz eléctrica, no será posible alcanzar las metas que se fije la población.⁴

Para identificar el grado de desarrollo humano de un país se utilizan diversos índices realizados por la Organización de las Naciones Unidas con el fin de obtener información adecuada sobre las condiciones de vida de cualquier país; sin embargo, la misma organización señala que aunque estas guías tratan de abarcar los elementos más substanciales, se tendrían que realizar indicadores específicos de acuerdo con cada nación, puesto que de esta forma se verían reflejadas las prioridades de cada gobierno respecto a su población.

⁴ Véase Informe de Actividades del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo en México. Desarrollo Humano para vivir mejor. p. 16.



Existen seis variantes de índices de desarrollo que buscan identificar diferentes aspectos relacionados directamente con el desarrollo humano: *Índice de desarrollo humano (IDH)*; *Índice de pobreza humana para países en desarrollo (IPH-1)*; *Índice de pobreza humana para países de la OCDE escogidos (IPH-2)*; *Índice de desarrollo relativo al Género (IDG)*; *Índice de Potenciación de Género (IPG)*; **Índice de adelanto tecnológico (IAT)**.⁵

Aunque la implementación empírica del enfoque de las capacidades no es una tarea fácil, el índice utilizado internacionalmente incorpora tres funcionamientos básicos: educación, salud y acceso a bienes y servicios mediante el ingreso.

La concentración de la riqueza, la desigualdad social, la pobreza, la exclusión y la discriminación son los factores que llevan al abandono de la idea de un desarrollo económico como única solución de la problemática social. Es por ello que en las últimas décadas del siglo pasado se produce la “humanización del desarrollo”. De esta manera en 1990, de acuerdo con el Informe “Desarrollo Humano” del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), el objetivo central del desarrollo humano es el ser humano, ya que ese desarrollo es un proceso por el cual se amplían las oportunidades de éste. Dichas oportunidades en principio pueden ser infinitas y cambiar con el tiempo; sin embargo, las tres oportunidades más esenciales serían: *disfrutar de una vida prolongada y saludable, adquirir conocimientos, tener acceso a los recursos necesarios para poder lograr un nivel de vida decente*. Si no se poseen estas oportunidades esenciales, otras resultarían inaccesibles.⁶

En septiembre de 2000, 147 jefes de Estado y 189 naciones, entre ellas México se comprometieron a adoptar los *Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM)*, los cuales representan un compromiso constante en la lucha contra la pobreza y buscan resolver los problemas que afectan el desarrollo humano. Estos objetivos establecieron una serie de metas claras y concisas para el año 2015 enfocadas en atacar los principales problemas que impiden el desarrollo correcto de los pueblos.

⁵ El Concepto de Desarrollo Humano, su importancia y aplicación en México. Estudios sobre Desarrollo Humano PNUD México No 2003 -1. p. 35.

⁶ Informe sobre Desarrollo Humano 1990, Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, Oxford University Press, Colombia, 1990, pág. 33.



Los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) han servido como marco común de acción y cooperación mundial sobre el desarrollo desde su adopción en el año 2000. Entretanto, las Naciones Unidas colaboran ahora estrechamente con diferentes partes interesadas a nivel internacional para asegurar una senda de desarrollo sostenible después de 2015.

Posterior a la era de los Objetivos de Desarrollo del Milenio, en 2016 se puso en marcha oficialmente la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, que fue adoptada por líderes mundiales en las Naciones Unidas. La nueva agenda insta a los países a iniciar esfuerzos para lograr 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en los próximos 15 años. Objetivos de desarrollo sostenible para la agenda 2030:

Objetivo 1. Poner fin a la pobreza en todas sus formas y en todo el mundo.

Objetivo 2. Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible.

Objetivo 3. Garantizar una vida sana y promover el bienestar de todos a todas las edades.

Objetivo 4. Garantizar una educación inclusiva y equitativa de calidad y promover oportunidades de aprendizaje permanente para todos.

Objetivo 5. Lograr la igualdad de género y empoderar a todas las mujeres y las niñas.

Objetivo 6. Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos.

Objetivo 7. Garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos.

Objetivo 8. Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos

Objetivo 9. Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación.

Objetivo 10. Reducir la desigualdad en los países y entre ellos.

Objetivo 11. Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.

Objetivo 12. Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.

Objetivo 13. Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos*

Objetivo 14. Conservar y utilizar sosteniblemente los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible



Objetivo 15. Proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de biodiversidad

Objetivo 16. Promover sociedades pacíficas e inclusivas para el desarrollo sostenible, facilitar el acceso a la justicia para todos y construir a todos los niveles instituciones eficaces e inclusivas que rindan cuentas

Objetivo 17. Fortalecer los medios de implementación y revitalizar la Alianza Mundial para el Desarrollo Sostenible.

Garantismo

Garantizar significa afianzar, asegurar, proteger, defender, tutelar algo y cuando en la cultura jurídica se habla de garantismo ese “algo” que se tutela son derechos o bienes individuales. Un derecho garantista establece instrumentos para la defensa de los derechos de los individuos frente a su eventual agresión por parte de otros individuos y principalmente por el poder del estado.⁷

Por garantía entendemos el derecho de defensa de los derechos fundamentales, en este caso, del derecho a la ciencia.

Políticas Públicas

*Omar Guerrero*⁸ en su artículo “*Políticas Públicas: interrogantes*” señala que la política pública es un tipo de actividad del gobierno, aquella que se encamina a estimular la colaboración social o inhibir el conflicto.

Otro problema central es la palabra *política* misma, que procede del inglés como *policy*. Para los anglófonos la voz *politics* es lo que Weber definiría como la dirección del Estado o el esfuerzo de influir en quien lo dirige. En contraste, *policy* evoca, según Fred Frhock, el patrón

⁷Gascón Abellan, Marina. “La Teoría General del Garantismo (a propósito de la obra de L. Ferrajoli Derecho y Razón)”. Universidad Castilla – La Mancha. p. 195

⁸ GUERRERO, Omar. *Políticas públicas: Interrogantes*. Revista de Administración Pública, Políticas públicas. Instituto Nacional de Administración Pública, A.C No.84.



de acción gubernamental que estimula la cooperación social o desestimula el conflicto; o como lo refiere Thomas Dye, *Policy* es lo que el gobierno opta por hacer o no hacer. Es evidente, además, que *Politics* es el objeto de la Ciencia Política y *Policy* de la Ciencia de las Políticas.

El padre mismo de las políticas públicas. Harold Lasswell, las imaginó como un medio para mejorar al gobierno, y sin embargo distingue a las políticas públicas y las políticas privadas. Según lo expresa, las corporaciones privadas y aun los individuos tienen políticas, es decir *policies*. Si fuera de tal modo, la noción misma habría perdido toda significación, pues como afirmaba Adam Smith hace muchos años, la diferencia en Inglaterra entre la *pólize* y *policy*, es que la primera se refería a la administración de la ciudad como congregación cívica, en tanto que la *policy* era el arte del gobierno, el conocimiento de las reglas, principios y máximas destinadas al buen gobierno.

No hay que olvidar que para los anglófonos *polity* significa, literalmente, régimen o Constitución Política, y *policy* el curso de acción colectiva referente a la misma. Ambas son inherentes a la ciudadanía, a la política como oficio de civilidad de los miembros del Estado, y por tanto *Policy* no puede referirse a lo privado.

El camino de los Ocho pasos para la elaboración de una política pública⁹

De acuerdo al autor *Eugene Bardach* la definición del problema es el mejor punto de partida y la argumentación de una propuesta es, casi inevitablemente, el punto final.

La construcción de alternativas y la selección de criterios para evaluarlas invariablemente surgen desde el inicio. La obtención de información es un paso que encontramos de manera recurrente durante todo el proceso y especialmente cuando nos concentramos en la definición del problema y en la proyección de los resultados de las alternativas consideradas.

⁹ BARDACH, Eugene. Los ocho pasos para el análisis de Políticas Públicas. Un manual para la práctica. CIDE, Miguel Ángel Porrúa, primera edición marzo 1998. P.143



1. Definición del problema:

Se trata de plantear el problema de manera empírica y conceptual, de manera que sea factible resolverlo. La definición del problema permite al analista:

- a) Una razón para hacer todo el trabajo necesario a fin de terminar el proyecto.
- b) Un sentido de dirección para obtener evidencia e información.

Generalmente la primera información sobre un problema (primera definición) proviene del cliente, de quien solicita el análisis; se deriva de su lenguaje (retórica del cliente).

El analista debe ir más allá y definir el problema de manera manejable y con sentido, a la luz de los recursos políticos e institucionales disponibles.

Es útil pensar en términos de deficiencias y excesos y de ¿qué tipo de problemas privados merecen ser tratados como asuntos públicos y por lo tanto resolverlos a través de fondos públicos?

La definición incluirá una parte cuantitativa: ¿cuán grande es?, ¿qué significa?, ¿a cuántos nos referimos?, ¿qué capacidad tenemos para crear infraestructura para atender a la demanda?, ¿cómo esperamos que crezca o disminuya?

Puede ser conveniente hacer un diagnóstico de causas y definirlos como problemas que deben mitigarse o eliminarse. En política reina el planteamiento “si no está roto, no lo compongamos”; por ello nunca se piensa en oportunidades de mejoría posibles; sólo en quejas, amenazas, preocupaciones y problemas. De tal manera que la definición del problema no es el planteamiento de una solución implícita, sino una descripción que deja abierta la búsqueda de soluciones.

2. Obtención de la información:

Consiste en leer documentos, buscar en bibliotecas, entrevistas, concertar citas, etc.; de manera que los datos obtenidos se conviertan en conocimiento y en información que se relacione con el problema previamente definido.

En el análisis de políticas el tiempo se emplea en dos actividades:

- Pensar, en voz alta o con otros.
- Obtener datos para convertirlos en información.



La clave es tratar de obtener únicamente los datos que pueden convertirse en conocimiento. Los datos son hechos o representaciones de hechos acerca del mundo; pueden ser estadísticas o bien, hechos acerca de los funcionarios. El conocimiento son los datos que tiene significado pues ayudan a clasificar al mundo en categorías lógicas o empíricas. La información es el conocimiento que afecta las creencias de la gente sobre características significativas del problema que se investiga y cómo puede ser resuelto o mitigado.

La información es necesaria para tres propósitos:

- Evaluar la naturaleza y extensión del problema que se está tratando de definir.
- Evaluar las características particulares de la política a estudiar.
- Evaluar las políticas que algunas personas han pensado que funcionarían bien en situaciones similares.

Para la obtención de información Bardach recomienda:

- a) Revisar lo que se necesita o requiere saber antes de recopilar datos.
- b) Reconocer el valor de la información a través del marco analítico de la decisión (árboles de decisión), definir el problema útil, pensar en las mejores soluciones posibles, seleccionar un modelo útil. Se debe reconocer el valor de la información dependiendo de: la información permita sustituir con cualquier decisión mejor otra que se haya tomado; la nueva decisión conduzca directa o indirectamente a un mejor resultado.
- c) La magnitud de la diferencia entre resultado original y el de la nueva decisión.
- d) Rastrear otros estudios sobre lo que se está analizando.
- e) Utilizar analogías.
- f) Comenzar a pedir información lo antes posible.
- g) Fundamentar, obtener credibilidad y consenso incluyendo la opinión de críticos.

3. Construcción de alternativas:

Consiste en hacer una lista inicial de las posibles alternativas de solución del problema, después descartar las que sean poco satisfactorias, recombinar y reorganizar otras, hasta llegar a estructurar una alternativa básica con una o más variantes.



4. Selección de criterios:

Los criterios son normas evaluativas que se usan para juzgar, no las alternativas, sino los resultados de las políticas. Los criterios evaluativos más comunes son: eficiencia, efectividad, equidad, justicia, igualdad, libertad, comunidad, legalidad, aceptabilidad política, perfectibilidad, optimización, etc.

5. Proyección de resultados:

Se trata de proyectar los resultados o efectos más importantes de las posibles alternativas de solución. Para ello pueden usarse los modelos causales como: modelo de mercado, modelo de producción, perspectiva de optimización, procesos evolutivos y modelos organizacionales y políticos. También puede usarse la formulación de escenarios o la matriz de resultados.

6. Confrontación de costos y beneficios:

Se trata de revisar cuál de las alternativas parece dar mejor resultado respecto a los criterios evaluativos por medio de la ponderación costos beneficios (si gastamos una cantidad X por una política Y, podemos obtener una cantidad Z de buenos resultados). Para tal efecto pueden desarrollarse métodos como la atribución múltiple, análisis del mínimo aceptable del punto de inflexión o la proyección de resultados.

7. ¡Decida!:

Este paso permite verificar cuan bien se ha realizado el análisis de la política hasta el momento.

8. Cuente su historia:

Se trata de establecer una explicación coherente y realista con conclusiones propias del investigador registradas a través de un esquema específico. Consiste en expresar de manera coherente y realista el estudio de la política con conclusiones de profundidad en términos sencillos y realistas de manera que cualquier persona sea capaz de entenderlo.

Bardach plantea las siguientes recomendaciones para la presentación escrita del análisis:

- * Incluir una buena definición del problema.
- * Justificar los pasos más detallados durante el análisis en las secciones, párrafos y oraciones.



- * Ser cauteloso con los antecedentes usando frases como: “antes de empezar...”, “es necesario explicar...”, “es necesario comprender primero la historia de...”, etc. En este punto es necesario hacer obvio cómo la historia afecta al futuro.
- * Realizar una narración de acuerdo con el público: es una explicación coherente y realista planteando conclusiones claras e implicaciones del trabajo en términos sencillos que sean entendidos por cualquier persona.
- * Utilizar subtítulos y gráficas.
- * Tratar cada alternativa como una sección en la que se proyectan los resultados que se esperan de la implementación de la alternativa y evaluarlo con un modelo causal.
- * Revisar y resumir los resultados de las alternativas para comparar costos y beneficios.
- * Utilizar apéndices para información técnica o cálculos.
- * Utilizar cuadros para alguna relación causal.

Nanotecnología

La nanotecnología es el estudio del control de la materia a escala atómica y molecular. Generalmente, se ocupa de estructuras con un rango de tamaño de entre 1 y 100 nanómetros en al menos una dimensión, e implica la modificación o el desarrollo de materiales dentro de ese tamaño. Un nanómetro es la millonésima parte de un milímetro. La nanotecnología se encarga de potencializar las propiedades de un material, haciéndolo más ligero, más fuerte, más rápido, más pequeño y duradero.¹⁰

En 1959, un físico, Richard Feynman imaginó la capacidad teórica de ver propiedades más allá de la macroescala. Según la National Science Foundation, la nanotecnología es la capacidad de comprender, manipular y controlar la materia a nivel de átomos y moléculas individuales. No obstante, la ciencia moderna basada en las características unificadoras de la naturaleza a nanoescala aporta una nueva base para la innovación, el conocimiento y la integración de la tecnología. La nanotecnología a veces se ofrece como una tecnología de propósito general porque se prevé que en un futuro tendrá un impacto significativo en casi todas las áreas de la sociedad y todas las industrias.

¹⁰ Kaur, Mandeep, K. Kamal, K. et al & (2015). Nanotechnology: A Review.

Los materiales en bulto son partículas cuyo tamaño es superior a 100 nm en todas las dimensiones. En estos, las propiedades físicas son independientes del tamaño, mientras que, en el caso de los nanomateriales, las diferentes propiedades físicas pueden depender del tamaño y la forma de estos. En la figura 2, se puede observar una comparación entre las propiedades de los materiales en bulto y los nanomateriales.¹¹

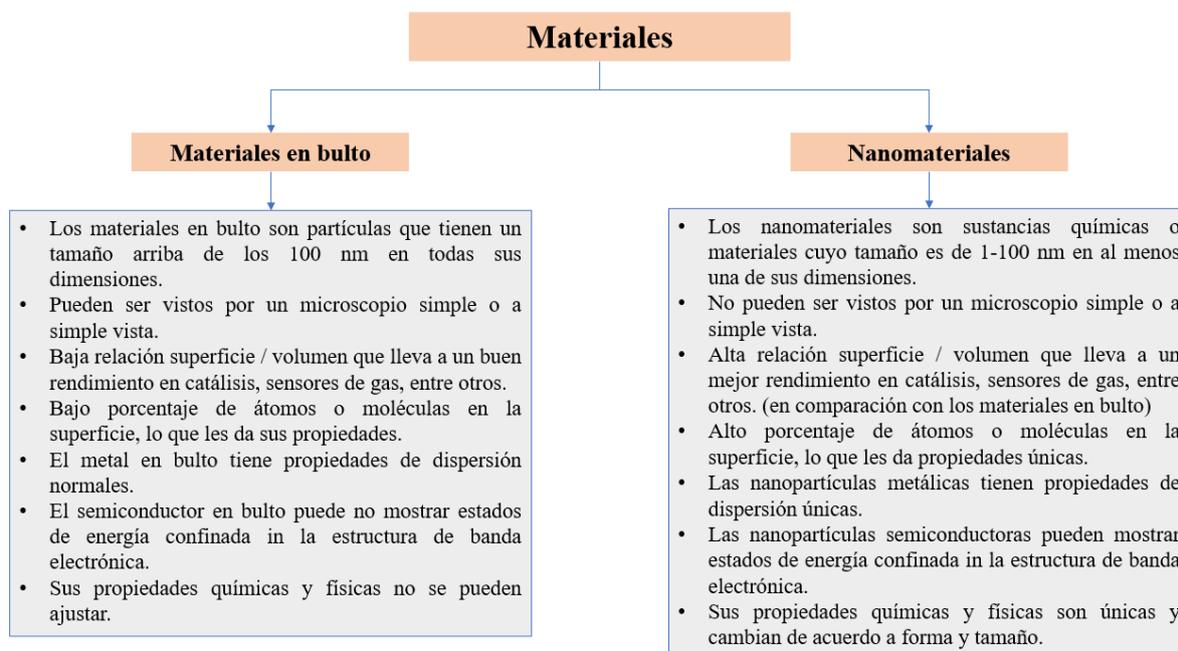


Figura 2. Propiedades generales de los materiales según su tamaño. Elaboración propia con datos de Salew, T.⁴

Los nanomateriales se pueden clasificar en diferentes grupos según varios criterios. Generalmente, se clasifican de acuerdo con su dimensionalidad, morfología, estado y composición química. (Figura 3). Esta clasificación también depende de su tamaño, que varía de 1 a 100 nm en al menos una dimensión.

Según su dimensionalidad, los nanomateriales se pueden dividir en cuatro clases: 0D, 1D, 2D y 3D. Los de dimensión cero (0D) tienen todas sus dimensiones en nanoescala, es decir, con un tamaño inferior a 100 nm; los unidimensionales (1D) son materiales con una dimensión que

¹¹Salew, T. (2020) Nanomaterials: classification and properties. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2020.101067>

no está en nanoescala, mientras que las otras dos dimensiones están en nanoescala; los bidimensionales (2D) contienen sólo una dimensión en nanoescala, mientras que las otras dos no lo son y los materiales tridimensionales (3D) tienen varias dimensiones más allá de 100 nm. La naturaleza morfológica de los nanomateriales incluye la planitud y la esfericidad, así como la relación de aspecto. Asimismo, se pueden encontrar en diferentes estados de acuerdo con las condiciones. Por su parte, la composición química varía y es por eso hay muchos tipos de nanomateriales, cada uno con propiedades particulares.

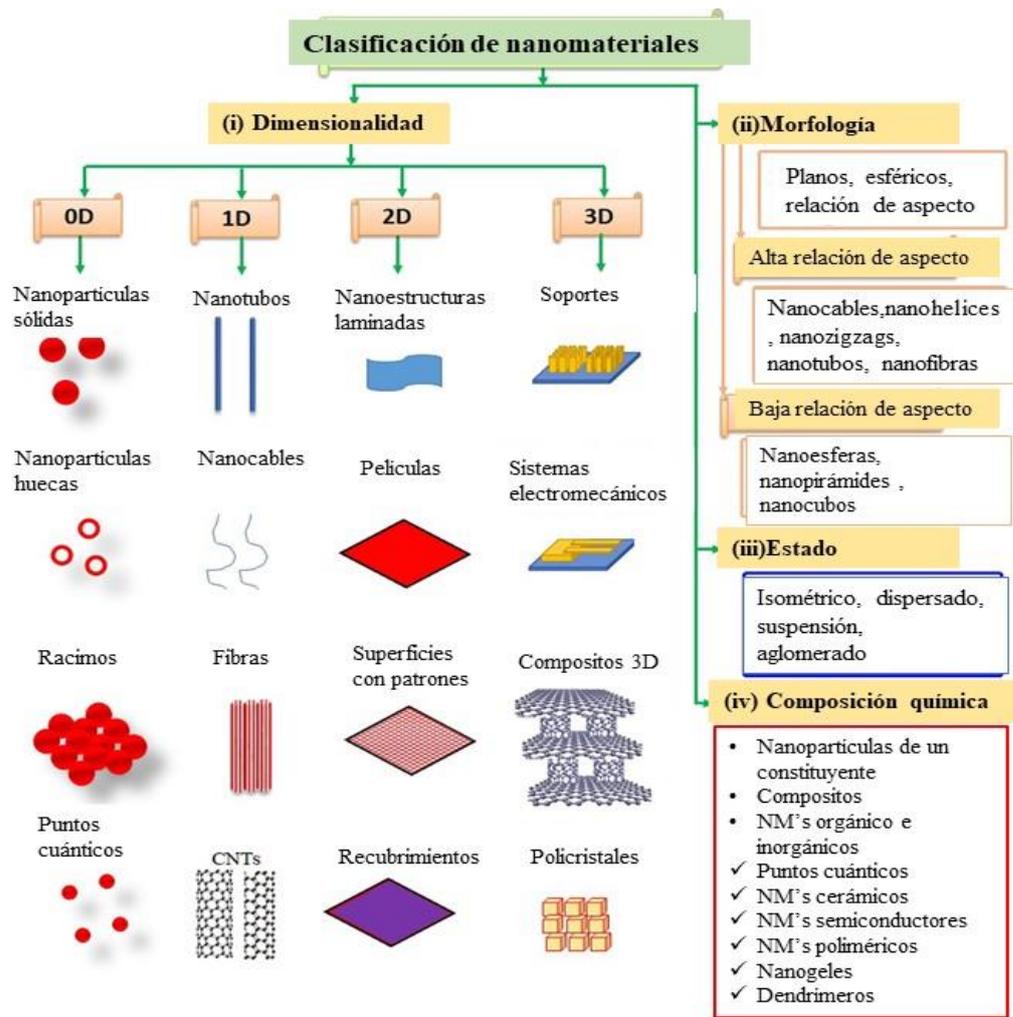


Figura 3.

Clasificación de nanomateriales. (Elaboración propia, adaptada de Salew, T⁴)

La nanotecnología no es una industria de productos, sino más bien como un conjunto de tecnologías habilitadoras que respaldan muchas industrias existentes (tales como la electrónica, óptica, materiales compuestos, productos farmacéuticos, entre otras)¹²

El impacto de la nanotecnología, en general, es amplio, pero no se encuentra en profundidad en cualquier producto (por ejemplo, la nanotecnología ha impactado en la industria aeroespacial entregando nuevos materiales que son más ligeros y resistentes, pero los nanomateriales solo representan una fracción minúscula, en peso, digamos de un avión). Se presenta la siguiente clasificación de nanoproductos (Figura 4), según la cantidad de "nano cosas" que contiene el producto final, nótese que los nanomateriales son 100% nano, mientras que los productos finales solo tienen una pequeña fracción de nanomateriales.

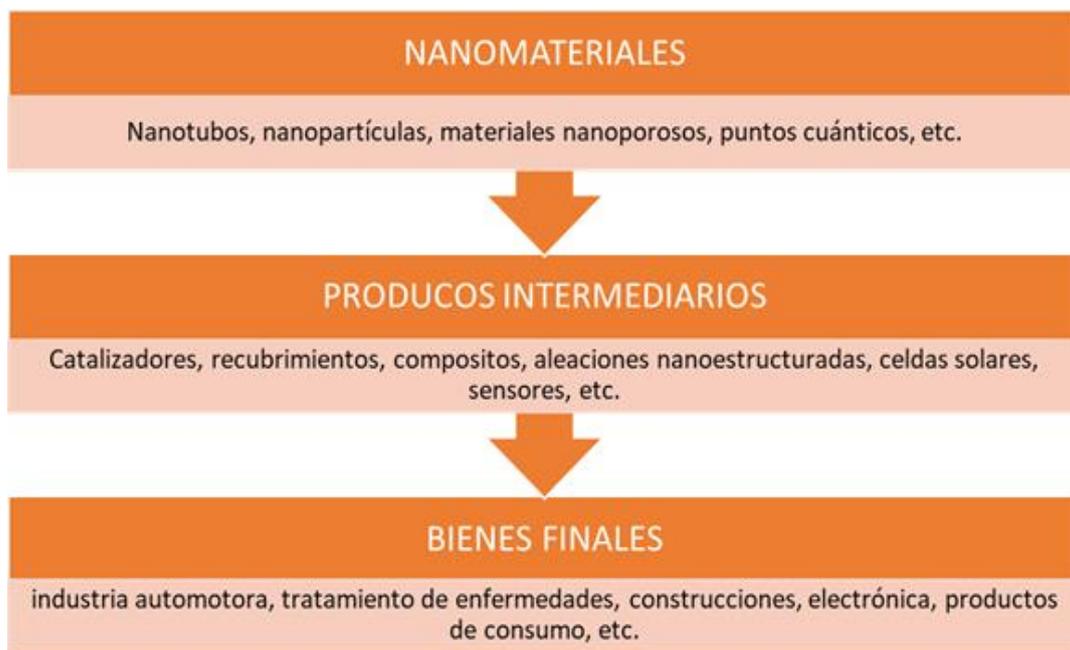


Figura 4. Clasificación de productos nanoestructurados. Fuente: elaboración propia, con datos de [5]

Además, se incluyen como nanoproductos las herramientas para modelar, palpar y manipular estructuras a nanoescala, como las herramientas de inspección (microscopios electrónicos), herramientas de fabricación (nanolitografía dip-pen, litografía de nanoimpresión), modelado de software.

¹² Nemirovsky, A. & Audebert, F. et al (2010). Nanoscience and Nanotechnology in Latin America.



VI. Formulación de hipótesis

En México, el presupuesto invertido en Ciencia es mucho más bajo que en los países desarrollados, lo cual obstaculiza el despliegue de aplicaciones de nanotecnología que podrían brindar beneficios económicos al país. Falta sinergia institucional y vinculación de las instituciones del Estado con la sociedad civil y sobre todo con el sector académico.



VII. Pruebas empíricas o cualitativas de la hipótesis

La creación de Laboratorios Nacionales ha jugado un rol fundamental para el crecimiento de la nanotecnología en el país, puesto que, hacia finales del año 2006, el CONACyT apoyó dos propuestas de creación que involucraron a la nanotecnología: La primera fue la propuesta del Centro de Investigación de Materiales Avanzados (CIMAV), para la creación del Laboratorio Nacional de Nanotecnología (NaNoTeCH). El segundo fue por parte del Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, para la creación del Laboratorio Nacional de Investigaciones en Nanociencias y Nanotecnología (LINAN).

Otro acontecimiento importante para el desarrollo de las nanotecnologías en México fue el lanzamiento de una convocatoria por parte del CONACyT, a finales del 2006, para la elaboración de megaproyectos en áreas estratégicas para el país, en donde se apoyaron a 5 instituciones, otorgándoles 100 mil pesos para la elaboración de una propuesta, los cuales se fusionaron después para la creación de la *Red Nacional de Nanociencia y Nanotecnología*, que tiene como objetivo principal la integración de todos los grupos de investigación en las áreas de nanociencia y nanotecnología.

Gran parte de la investigación científica que se realiza en México se hace en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), y por ello no se podía quedar atrás, por lo que en marzo del 2008 nace el Centro de Nanociencias y Nanotecnología de la UNAM, ubicado en Ensenada, Baja California. Este mismo centro, abrió la Licenciatura en Nanotecnología en el 2011. Aunque el primer programa académico a nivel licenciatura que se tuvo en nanotecnología fue en el 2006, en la Universidad de las Américas Puebla, con la Licenciatura en Nanotecnología e Ingeniería Molecular. Hoy por hoy, se encuentran una gran cantidad de programas tanto a nivel técnico universitario, universitario y posgrado en estas ramas a lo largo del todo el país.

Regulación de la nanotecnología en México y América Latina

En el marco de los derechos fundamentales es necesario recordar que el artículo 3 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos señala:

“V. Toda persona tiene derecho a gozar de los beneficios del desarrollo de la ciencia y la innovación tecnológica. El Estado apoyará la investigación e innovación científica, humanística y tecnológica, y garantizará el acceso abierto a la información que derive de ella, para lo cual deberá proveer recursos y estímulos suficientes, conforme a las bases de coordinación, vinculación y participación que establezcan las leyes en la materia; además alentará el fortalecimiento y difusión de nuestra cultura”

La regulación de la nanotecnología juega un papel muy importante en su desarrollo, debido a su creciente uso y aplicación en la industria. México es el segundo país en América Latina con actividad en las investigaciones de esta índole. Sin embargo, tiene un gasto destinado a actividades de investigación y desarrollo que se ve limitado. De hecho, para el 2012 ocupaba el penúltimo lugar del conjunto de países de la OCDE: 0.43% del PIB (OECD, 2014). Mientras que en la mayoría de los países de la OCDE el gasto para investigación y desarrollo ronda el 2% del PIB (OECD, 2010); en México ha sido inferior al 0.5% en los últimos 15 años.¹³

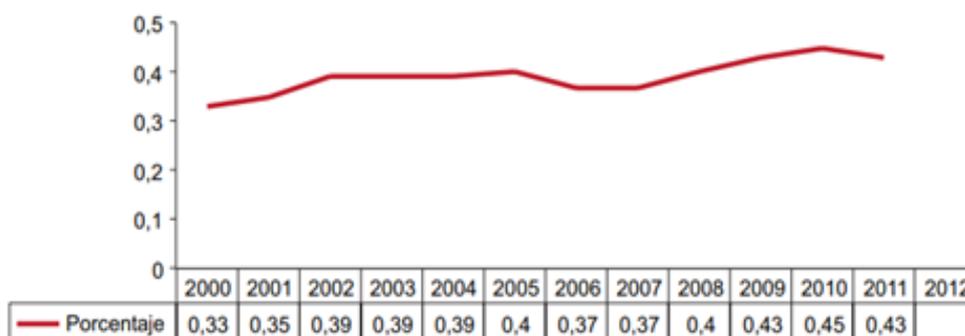


Figura 5. Gasto nacional bruto en I+D como porcentaje del PIB (México). Fuente: UC MEXUS-CONACYT Collaborative Grants (2014): Nanotechnology in the Mexican industrial policy. A comparative methodological framework.

Según una investigación realizada en 2017⁶, México no cuenta con una estrategia nacional de desarrollo de las nanotecnologías, a pesar de haber sido considerada la necesidad de su elaboración desde el 2001 y luego refrendada en 2008 y 2014 (CONACYT, 2008a; CONACYT, 2014: 51; CONACYT, 2001: 49 y 192).

¹³ Foladori, G., Arteaga, E. et al. (2017) La política pública de nanotecnología en México. Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad-CTS [en línea]. 12(34), 51-64. ISSN: 1668-0030.



Las actividades de investigación y desarrollo abarcan tres ramas principales: investigación básica, usada para obtener nuevo conocimiento sin un fin en particular, investigación aplicada, dirigida a un fin práctico, y desarrollo experimental, destinado a producir algún bien o servicio. El estado puede direccionar recursos hacia cualquier de estos fines ya sea directamente o bien para corregir fallas de mercado.¹⁴

De este modo, el gasto público en ciencia y tecnología es vital para el desarrollo de la economía. De hecho, una política activa en el desarrollo tecnológico por parte del estado ha sido fundamental en la estrategia de desarrollo de, por ejemplo, algunos países del Sudeste Asiático. Como es bien sabido, estos países han logrado aumentar considerablemente sus niveles de ingreso en las últimas décadas lo que ha contribuido a la inclusión en el desarrollo de millones de personas.

Sin embargo, México no se ha adaptado a estas tendencias. Esto se refleja en los escasos recursos que el estado destina a la ciencia y a la tecnología: según la OCDE, en 2019 el presupuesto ejecutado en investigación y desarrollo por los tres niveles de gobierno (GBARD por sus siglas en inglés) ascendió al 0.22% del PIB. Esta cifra nos pone muy lejos tanto de los líderes mundiales en este renglón, como Corea del Sur cuyo gobierno gasta casi el 1% del PIB, como de otras economías de la región, como Argentina, con un gasto gubernamental del 0.4% del PIB.

Este bajo gasto público también se refleja en variables como en la cantidad de investigadores públicos en el país. Según la OCDE, hay solo 5 mil 918, equivalentes a 4.7 investigadores por cada 100 mil habitantes. Esta es una proporción baja al comparar con economías de tamaño similar. Por ejemplo, Chile tiene 8.57 investigadores por cada 100 mil habitantes; una proporción casi cuatro veces mayor a la de México. La inversión pública en ciencia también tiene un sesgo de género: hay 2 mil 81 mujeres (el 35.1% del total), cifra equivalente a unas 3.22 investigadoras públicas por cada 100 mil habitantes.

¹⁴[https://fundar.org.mx/pef2022/todavia-no-es-suficiente-presupuesto-a-ciencia-y-tecnologia-en-el-proyecto-de-presupuesto-de-egresos2022/#:~:text=Lo%20anterior%20lo%20podemos%20comprobar,\(54%20mil%20508%20millones\)](https://fundar.org.mx/pef2022/todavia-no-es-suficiente-presupuesto-a-ciencia-y-tecnologia-en-el-proyecto-de-presupuesto-de-egresos2022/#:~:text=Lo%20anterior%20lo%20podemos%20comprobar,(54%20mil%20508%20millones))



Hoy en día, una de las principales preocupaciones alrededor de la nanotecnología, son sus potenciales riesgos toxicológicos que afectan la salud y medio ambiente y que actualmente siguen carentes de un entendimiento general acerca del impacto real de las nuevas, por ende, es necesaria la definición de un marco regulatorio. Diversos autores se han encargado de trabajar en conjunto para formular estándares y externar diversos criterios en torno a la aplicación de la nanotecnología en los temas que comprenden todas las áreas de posible riesgo en su producción, aplicación y consumo. Su trabajo se traduce en informes que son publicados periódicamente de manera oficial; no obstante, debido a la constante innovación en la materia, la información requiere de una constante actualización, lo que dificulta contar con una versión concluyente que delimite con certeza la correcta aplicación y uso de esta tecnología.

La situación anterior es la barrera más grande para los inversionistas que apuestan por esta tecnología, debido a que no es posible contar con un escenario ideal para el desarrollo de nuevos productos y servicios, cada modificación o hallazgo conseguido en el desarrollo y de esta tecnología influye en la producción ya que puede alcanzar restricciones en el uso o en los métodos de producción, lo que dificulta el escalamiento industrial.⁷

En este sentido, la regulación de la nanotecnología en México ha optado por sustituirse en la práctica, por un marco informal creado por expertos en la materia y basado en estándares e indicadores establecidos por organismos internacionales, que marcan pautas en el desarrollo de esta tecnología. Para la caracterización y medición de los nanomateriales, se han definido patrones y métodos de medición enfocados las necesidades de las diferentes industrias, tal es el caso de ProMetNano, un programa creado por el CENAM (Centro Nacional de Metrología), en el que participan instituciones nacionales e internacionales. Asimismo, científicos e investigadores de diferentes instituciones también han desarrollado un proyecto en materia de salud y medio ambiente, denominado Sistema Nacional de Evaluación Nanotoxicológica SINANOTOX que, si bien no ha sido oficialmente puesto en marcha, será una herramienta de consulta con información que asistirá a la regularización respecto a la exposición y riesgo generado por las nanopartículas. A continuación, se encuentra una tabla con algunos organismos identificados que participan en la elaboración de normas y protocolos.

Empresas	Academia	Gobierno
<ul style="list-style-type: none"> • Farmaquimia • FEI • Gresmex • Lotto Bio Nano Laboratories • Micra Nanotecnología • Nanomateriales • VIRETEC • Zeiss 	<ul style="list-style-type: none"> • Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada de la UNAM • Centro de Investigación en Materiales Avanzados • Centro de Investigación en Química Aplicada • Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica • Centro de Investigación y Estudios Avanzados • Centro de Nanociencias y Nanotecnología de la UNAM • Colegio de San Luis • Instituto Politécnico Nacional • Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica • Universidad Autónoma de Querétaro • Universidad Autónoma Metropolitana • Centro de Investigaciones Interdisciplinarias de Ciencias y Humanidades • Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz 	<ul style="list-style-type: none"> • Dirección General de Normas de la Secretaría de Economía • Centro Nacional de Metrología (CENAM) • Instituto Mexicano del Petróleo • Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático • Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares • Instituto Nacional de Neurología y Neurociencia • Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales • Servicios Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Alimentaria
Organismos		
<ul style="list-style-type: none"> • Asociación Mexicana de Administración de Riesgos • Asociación de Normalización y Certificación • Cámara de Asociación de la Industria del Cuidado Personal y del hogar • Centro de Investigación y Desarrollo Carso • Clúster de Nanotecnología de Nuevo León 		

Figura 6. Organismos que contribuyen a la elaboración de normas y protocolos de la nanotecnología en México.

Fuente: PROMEXICO

En 2007, la Secretaría de Economía elaboró diversos lineamientos de aplicación voluntaria, y atendiendo las recomendaciones de la Secretaría de Comercio de los Estados Unidos, se creó el Comité Técnico Nacional de Normalización en Nanotecnología (CTNNN) a cargo del Centro Nacional de Metrología (CENAM) bajo la premisa de regular esta actividad. A finales del año 2012, se publicaron los lineamientos para regulaciones sobre nanotecnologías para impulsar la competitividad y proteger al medio ambiente, la salud y la seguridad de los consumidores; el documento reconocía el aprovechamiento de la nanotecnología en productos de diversa índole, como cosméticos, recubrimientos, textiles, entre otros; así como la disponibilidad de la infraestructura y la existencia del capital humano, siendo este el primer intento de regulación, en el que estuvieron involucrados la Secretaría de Economía (SE), la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la UNAM, el CENAM, el IPN, el CONACYT, entre otros.



Además de lo anterior, el 26 de noviembre de 2012 se elaboró un documento con carácter no vinculante emitido bajo los auspicios de la Subsecretaría de Competitividad y Normatividad de la Secretaría de Economía, titulado "Lineamientos para regulaciones sobre nanotecnologías para impulsar la competitividad y proteger al medio ambiente, la salud y la seguridad de los consumidores".

No fue sino hasta el 2013, que el CTNNN logró crear sus reglas de operación, bajo la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, y se le facultó para crear normas para la nanotecnología, tomando en consideración los criterios y recomendaciones de la Organización Internacional de Normalización (ISO por sus siglas en inglés) y la OCDE, y consultando con expertos y socios comerciales del país, para llevar a cabo la normalización de la nanotecnología. En 2014, la SE, a través de la Subsecretaría de Competitividad y Normatividad y la Dirección General de Normas, dio a conocer la entrada en vigor de una serie de normas que fueron homologadas con los estándares internacionales del sistema ISO. En el catálogo de Normas Oficiales Mexicanas y Normas Mexicanas, se pueden encontrar las siguientes Normas con relación a la nanotecnología (tabla 1).¹⁵

Tabla 1. Normas con relación a la nanotecnología vigentes en México. Fuente: NOM

Norma	Propósito
MX-R-10867-SCFI-2014. Nanotecnologías-caracterización de nanotubos de carbono de una capa (ntuc) mediante espectroscopia de fotoluminiscencia en el infrarrojo cercano (efl-irc).	Esta norma busca orientar la caracterización de nanotubos de carbono de una pared (NTCUC) usando espectroscopia de fotoluminiscencia en el infrarrojo cercano (EFL-IRC), describiendo un método de medición para la determinación de los índices quirales de NTCUC semiconductores en una muestra y sus intensidades integradas relativas de fotoluminiscencia.
MX-R-10929-SCFI-2014. Nanotecnologías-caracterización de muestras de nanotubos de carbono de múltiples capas (ntmc)	Busca identificar las propiedades físicas y químicas básicas de los nanotubos de carbono de múltiples capas (de aquí en adelante, NTCMC) y el contenido de impurezas que caracterizan las muestras de NTCMC para así dar una base firme para la investigación, desarrollo y comercialización de estos materiales.
MX-R-13830-SCFI-2014. Nanotecnologías-guía para el etiquetado de nano-objetos manufacturados y de productos que contengan nano-objetos manufacturados.	Orienta sobre el formato y contenido del etiquetado voluntario para nano-objetos manufacturados (n-OMs) y productos, preparaciones y mezclas que contengan nano-objetos manufacturados (PC-n-OMs). Busca homologar el uso de la etiqueta "nano" en productos.
MX-R-27687-SCFI-2014. Nanotecnologías-terminología y definiciones para nano-objetosnanopartícula, nanofibra y nanopláca.	Enlista los términos y definiciones relativas a partículas en el campo de las nanotecnologías.
MX-R-62622-SCFI-ANCE-2014 nanotecnologías-descripción, medición y descripción de parámetros de calidad dimensional de rejillas artificiales.	Busca mejorar la comunicación entre fabricantes, usuarios y laboratorios de calibración respecto a los parámetros de calidad dimensional de rejillas artificiales usadas en nanotecnología.
MX-R-80004-1-SCFI-2014 nanotecnologías-vocabulario- parte 1: conceptos básicos.	Enlista las definiciones y términos relacionados a los conceptos básicos de las nanotecnologías. Su objetivo es facilitar la comunicación entre las organizaciones y los individuos en la industria y de quienes interactúan con ellos.
MX-R-80004-3-SCFI-2014 nanotecnologías-vocabulario- parte 3: nano-objetos de carbono.	Contiene términos y definiciones relacionadas a nano-objetos de carbono en el campo de las nanotecnologías

¹⁵ Proméxico (2018). El mundo de la nanotecnología. Situación y prospectiva para México. Recuperado de: <https://ethic.com.mx/docs/estudios/El-mundo-nanotecnologia-Situacion-prospectiva-Mexico.pdf>



Otras normas:

- PROY-NMX-R-80004-6-SCFI-2015 Nanotecnologías – vocabulario – parte 6: caracterización de nano-objetos
- PROY-NMX-R-10798-SCFI-2016 Nanotecnologías – caracterización de nanotubos de carbono de una capa por microscopía de barrido con electrones y espectrometría de dispersión de energía de rayos x
- PROY-NMX-R-12901-2-SCFI-2016 Nanotecnologías - gestión de riesgo ocupacional aplicado a nanomateriales manufacturados. Parte 2: uso del enfoque de control por bandas.
- PROY NMX-R-80004-4-SCFI-2016 Nanotecnologías – vocabulario -- parte 4: materiales nanoestructurados

El 27 de febrero de 2022 se publicó en el Diario Oficial de la Federación el Aviso de Consulta Pública del Proyecto de Norma Mexicana elaborado y aprobado por el Comité Técnico de Normalización Nacional en Nanotecnologías (CTNNN).

Presupuesto histórico del Centro Nacional de Metrología (CENAM)

2023	12,575,851
2022	12,009,124
2021	11,582,855
2020	11,511,375
2019	9,714,126
2018	13,714,267

Elaboración propia con datos de los Presupuestos de Egresos de la Federación consultado en <https://www.gob.mx/shep>

Nanotecnología en América Latina

Por su parte, Brasil es el pionero en cuanto a la actividad de nanotecnología en América Latina. Su actividad se inició efectivamente en 2001 con la creación de cuatro redes institucionales multidisciplinarias destinadas a promover la investigación en el campo. Esta iniciativa



representó un importante esfuerzo del Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) para desarrollar la nanotecnología en términos de recursos humanos y financiamiento. El Ministerio de Ciencia y Tecnología (MCT), la comunidad científica y el sector privado fueron los líderes en el establecimiento de los objetivos de esa iniciativa, incluidos los objetivos de equilibrar el desarrollo regional, integrar las actividades de investigación públicas y privadas y mejorar el nivel tecnológico de Brasil. Según Martins et al. (2007), durante el período 2002-2005 esas redes involucraron a 300 investigadores, 77 instituciones de investigación y educación y 13 empresas, publicando más de mil artículos de investigación y obteniendo más de 90 patentes. Entre las áreas de investigación que estas redes buscaron cubrir durante este período se encuentran la física, la química, las matemáticas, la medicina, la biología, la ingeniería, las ciencias de los materiales y las ciencias de la computación. El reciente programa Rede BrasilNano creó diez nuevas redes de investigación para continuar con esa investigación anterior agregando en este caso un componente de enlace entre el programa para desarrollar la nanotecnología y políticas industriales, tecnológicas y comerciales más amplias. Además, el nuevo Programa Nacional de Nanotecnología de Brasil busca llegar al 1% de los mercados mundiales de materiales, productos y procesos basados en la nanotecnología.¹⁶

Argentina, por su parte, le sigue a Brasil y México, siendo el tercer país con más publicaciones de nanotecnología en América Latina. También ha implementado medidas de política de nanotecnología, incluida la creación de la Fundación Argentina de Nanotecnología (FAN). FAN es una institución privada sin fines de lucro creada por el gobierno argentino en 2005 para liderar el desarrollo de la nanotecnología en el país. Sus objetivos incluyen el desarrollo de recursos humanos e infraestructura, la promoción de la colaboración entre instituciones públicas y privadas nacionales, la promoción de colaboraciones internacionales y el establecimiento de áreas de investigación prioritarias. El consejo asesor de FAN cuenta con miembros de las organizaciones más importantes de Argentina en nanotecnología, incluida una universidad nacional, una empresa estatal y cuatro instituciones gubernamentales clave de ciencia y tecnología e investigación y desarrollo. Por otro lado, la nanotecnología ha sido incluida como una prioridad estratégica en el plan de mediano plazo de la agencia nacional de

¹⁶ Kay, L., Shapira, P. (2009) Developing nanotechnology in Latin America. *J Nanopart Res* 11, 259–278. <https://doi.org/10.1007/s11051-008-9503-z>



ciencia y tecnología y el congreso nacional han presentado un plan de nanotecnología a 10 años.⁸

Se han establecido varias redes para la investigación en nanociencia, incluidas cuatro redes patrocinadas por la Agencia Nacional para la Promoción de la Ciencia y la Tecnología (ANPCYT) para nanociencia molecular, supramolecular y de interfaz; materiales de nanoestructura; bionanoestructuras; y el diseño y simulación de nano dispositivos y prototipos. Se ha formado un Centro Interdisciplinario de Nanociencia y Nanotecnología que involucra a unos 100 científicos de múltiples ubicaciones con el apoyo de cinco compañías y otras compañías privadas han demostrado interés en desarrollar y adquirir nanotecnología en las áreas de química, materiales, biología y textiles. Sin embargo, esto no ha ido acompañado de un aumento importante de la financiación privada para la investigación.⁸

A estos tres líderes latinoamericanos les sigue Chile en cuanto a publicaciones sobre nanotecnología. A pesar de esta mayor participación institucional, Foladori y Fuentes (2007) señalan que comparativamente pocos investigadores están trabajando en nanotecnología en las áreas de física, química, biología y ciencia de los materiales. Cabe señalar que recientemente la Universidad de Santiago (una de las principales universidades chilenas que trabajan en nanotecnología) ha anunciado proyectos de investigación conjuntos con universidades de Estados Unidos y Canadá.

Cuba, a pesar de sus limitaciones, también participa activamente en la nanotecnología. Según el Consejo de Ciencia y Tecnología de Cuba, al menos cuatro instituciones en este país tienen varios años de experiencia en investigación relacionada con la nanotecnología. A pesar de la limitada infraestructura física, Cuba ha producido un grupo relativamente grande y bien capacitado de científicos que son activos en el desarrollo de la nanotecnología, en particular la nanobiotecnología. La información disponible sobre objetivos de política se limita a documentos presentados por la Academia de Ciencias de Cuba y el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) que señalan la necesidad de crear capacidades nacionales en nanotecnología y establecer metas para trabajar en áreas afines como las matemáticas, física, química, informática y nuevos materiales.

Venezuela y Colombia le siguen a Cuba, sin embargo, no tienen un progreso claro aún y se encuentran en vías de desarrollo en cuanto a la nanotecnología. Por su parte, el resto de los países latinoamericanos aportan muy pocas publicaciones. Asimismo, no cuentan con normas y regulación para su uso.

Áreas de aplicación

La nanotecnología, al igual que la electricidad, es considerada como una tecnología de propósito general, cuyo campo de aplicación se extiende tanto como sea posible entre las industrias, formando parte de un sinnúmero de productos y servicios alrededor del mundo, y de la evolución de algunas de las tecnologías disruptivas. Los avances de la nanotecnología impactan en múltiples industrias, impulsando a las tecnologías existentes y creando nuevas con gran potencial.¹⁷

Las manipulaciones y adiciones a nivel molecular lograron cambiar las propiedades inherentes del material, dando como resultado diversas reacciones, como mayor conductividad, biodisponibilidad, elasticidad, fuerza o reactividad. El mercado de productos y servicios que incluyen nanotecnología está creciendo en todo el mundo. Sin embargo, debido a la complejidad de poder medir y cuantificar la contribución de la nanotecnología en diferentes campos, es que los expertos en la materia han definido una cadena de valor global, en la cual se clasifican los diferentes tipos de acuerdo con su grado de integración en los productos y servicios de consumo, como se puede observar en la figura que se muestra a continuación.⁹

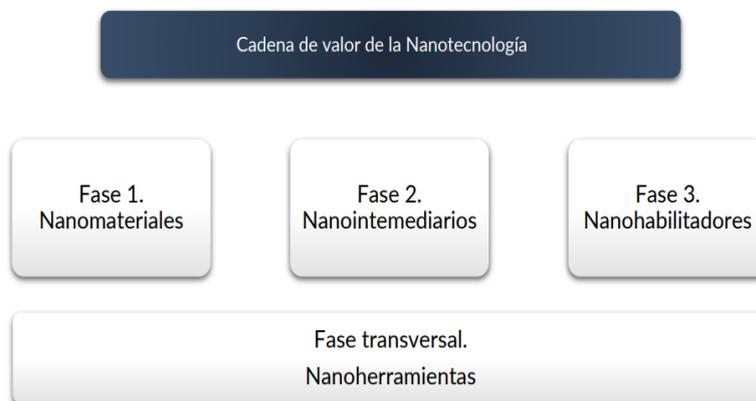


Figura 7. Esquema de la cadena de valor nanotecnológica. Fuente: Unidad inteligencia de negocios⁹

¹⁷ Unidad de Inteligencia de Negocios. (2017) El mundo de la nanotecnología situación y prospectiva para México. De: <http://ricaxcan.uaz.edu.mx/jspui/bitstream/20.500.11845/263/1/24Patentes%20y%20nano%20MX.pdf>



En la cadena de valor a la que se hace referencia, se describen las fases, con los usos y aplicaciones que corresponden a cada una de estas y que se describen a continuación:

Fase 1:

Los nanomateriales son estructuras a nanoescala basadas en carbono en forma bruta y pueden ser inorgánicos, metálicos, poliméricos o semimetálicos. A medida que su tamaño se acerca al del átomo, manifiestan propiedades exóticas que no se encuentran en sus proporciones normales, propiedades que resultan de varios factores como: una escala nanométrica mayor, un área de superficie relativa mayor, un efecto de confinamiento cuántico, una forma y su propia composición química o superficies de masa y sus interfaces. Este segmento domina el mercado mundial de la nanotecnología en varios sectores. Los fabricantes están interesados en manipular el tamaño de la partícula, su forma, su composición y su grado de aglomeración para aprovechar las propiedades que adquiere la materia a nanoescala. Las aplicaciones más habituales son nanotubos, nanofibras, nanocables, nanopartículas esféricas, nanofilms y nanocápsulas.

Fase 2:

A partir de los nanomateriales se desarrollan los nano intermediarios, que son productos mayormente químicos que integran nanopartículas como parte de un sistema funcional, lo que los convierte en aplicaciones de valor para los procesos industriales, a través de recubrimientos, catalizadores, sensores y nanosistemas electromecánicos mejor conocidos como NEMS (por sus siglas en inglés), además de condensadores eléctricos y generadores de energía, transportadores farmacéuticos, componentes electrónicos, circuitos integrados y nanocompuestos.

Fase 3:

Una vez concluida la Fase 2, se desarrollan los productos nano-habilitados, que son bienes finales que incorporan la nanotecnología dentro de su sistema como un valor agregado, con el fin de incrementar los atributos de los productos y servicios que saldrán al mercado. Es así cómo es posible encontrar la aplicación de la nanotecnología en textiles particularmente del segmento deportivo, artículos del hogar, electrónicos, muebles, materiales de construcción, cosméticos, alimentos, farmacéuticos, dispositivos médicos, entre otros.



Fase transversal:

Para cumplir con el ciclo de la cadena de valor, es indispensable el uso de nanoherramientas que transversalmente participan en toda la cadena. Dentro de éstas se encuentra el equipo y software especializado para visualizar y manipular la materia, además de los métodos de innovación proporcionados por la comunidad científica. Con esta infraestructura, es posible la creación o mejoramiento del equipo, herramientas y software de los sistemas utilizados para la investigación, desarrollo y aplicación de la nanotecnología; y, para ello, se utilizan microscopios atómicos, nano-impresoras de alta resolución, microscopios de efecto túnel y microscopios de barrido, entre otros. Las etapas previamente señaladas constituyen las posibilidades de inserción de la nanotecnología en la industria. Los usos y aplicaciones antes descritos son aquellos en los cuales las industrias han encontrado gran valor para la generación de nuevos productos que elevan su nivel de competitividad.

Aunada a esta categorización, se muestran a continuación las diversas aplicaciones y beneficios que la nanotecnología ofrece en el sector industrial a fin de poder dar un panorama de sus usos.

La mayor parte de las industrias han identificado en la nanotecnología nuevos sistemas productivos capaces de converger con otras tecnologías cuyos productos y servicios finales están modificando los mercados actuales y creando nuevos modelos de negocio. Esta nueva realidad ha impulsado la innovación en el diseño de estrategias empresariales y de cadenas productivas.

Se tiene registro de 14 sectores que aplican la nanotecnología a sus productos, conformados por poco más de 2 mil empresas distribuidas a lo largo de 56 países. México, por su parte, cuenta con 28 tipos de productos en los sectores automotriz, construcción, petróleo y medicina, sector en el que una empresa mexicana fue reconocida recientemente como la más grande en el mundo de la nanotecnología.

Actualmente, las cinco principales industrias alrededor del mundo, que producen mayores cantidades de productos nanotecnológicos son: electrónica (25%), medicina (11%), cosméticos (9%), textil (8%) y construcción (8%). Las industrias; automotriz, energías renovables y medio ambiente producen en conjunto el 18%, mientras que el resto se hace cargo del otro 21% de la producción.



Medicina:

La nanotecnología aplicada en la salud permite un mejor diagnóstico, prevención y tratamiento de enfermedades, a través del desarrollo de nanopartículas, nanosistemas moleculares y nanorobots. Diferentes tecnologías como la biotecnología y las tecnologías de la información han utilizado a la nanotecnología como un habilitador para investigar y desarrollar soluciones que ayuden a combatir las principales causas de mortandad en todo el mundo y que permitirán mejoras considerables, por ejemplo: suministro de fármacos controlados; nanobots inteligentes reparadores de tejidos y órganos vitales; nanosensores para la detección y cura de enfermedades; nanopartículas para la erradicación de tumores cancerígenos; y modificación del ADN con nanoherramientas.

Cosméticos

Esta industria fue pionera en la aplicación de la nanotecnología y, en consecuencia, cuenta con un número considerable de productos que se comercializan alrededor del mundo. La razón principal es que la nanotecnología mejora las propiedades de los productos al transformar sus partículas, haciéndolos más absorbentes, con mejor protección, mayor durabilidad, alto nivel antibacterial y desinfectante, gracias a los nanosomas, liposomas, fullerenos y nanopartículas lipídicas sólidas, en productos tales como: bloqueadores solares; cremas faciales; extractos naturales; y, geles.¹⁸

Textiles

Las nanopartículas, nanofibras y nanodispositivos se utilizan para diseñar telas con mayor resistencia, repelencia al agua, al fuego y con propiedades antibacterianas. Hoy en día, se pueden fabricar textiles hechos totalmente de fibras a nanoescala, que, gracias a las nanopartículas, agregan propiedades únicas y valiosas, aunado a que, por su grado de innovación, han hecho posible la creación de nuevos productos, por ejemplo: ropa y calzado deportivo inteligente que pueda monitorear signos vitales; ropa y calzado especial para

¹⁸ Hadzima, J. (2018). The Importance of Patents: It Pays to Know Patent Rules. Obtenido de MITSloan: <http://web.mit.edu/e-club/hadzima/the-importance-of-patents.html>



incendios con propiedades ignífugas; ropa y equipo deportivo repelente al agua y a los rayos ultravioleta; textiles con propiedades anti-rugosidad y con mayor resistencia.

Automotriz

La nanotecnología ha contribuido de manera crucial a la producción y desarrollo de materiales y procesos innovadores en el sector automotriz, se han desarrollado aplicaciones relacionadas con la seguridad de los pasajeros, sistemas inteligentes de orientación, reducción de contaminantes y reciclaje efectivo, este último que contribuye al ahorro de recursos escasos cada vez más indispensables en este sector. Algunos de las añadiduras con base nanotecnológica utilizadas son: nanopelículas hidrófobas, autolimpiables y resistentes a los golpes; recubrimientos con nanopartículas y nanocompuestos de polímero para la protección de los materiales bajo la pintura; nanomateriales para alto desempeño en neumáticos; catalizadores y lubricantes adicionados con nanomateriales; y, nanopartículas, nanosensores y nanomateriales para la composición eléctrica del vehículo.

Energía

Las aplicaciones de la nanotecnología en el sector energético contribuyen a la mejora de sus diferentes etapas: captación, transformación, almacenamiento y distribución, con un énfasis reciente en las denominadas energías limpias y renovables, tales como la energía solar y las basadas en el hidrógeno. Sus aplicaciones también son capaces de enmendar la escasez de combustibles fósiles como el diésel y la gasolina a través de mejores compuestos. Algunos de los productos de con base nanotecnológica en esta industria incluyen: baterías con gran capacidad de almacenaje y capacidad de recarga; aislantes térmicos más eficientes que reducen el consumo energético; catalizadores más económicos y efectivos para producir combustible; celdas solares más económicas y efectivas; nanoceldas optimizadas para prácticas fotovoltaicas; nanocompuestos ligeros y resistentes para las hélices de motor; nanocompuestos y recubrimientos para la protección de corrosión; y, membranas y electrodos nano-optimizados para la eficiencia de combustible.



Tecnologías ambientales

Además de mejorar la eficiencia energética, la nanotecnología ayuda a detectar y limpiar contaminantes ambientales que contribuyen a satisfacer la necesidad de contar con agua limpia a través de la detección y el tratamiento de las impurezas en el agua a través de diferentes métodos más rápidos y económicos tales como: filtros nano-habilitados y nanocatalizadores para la purificación del aire y agua; nanomateriales y nanocompuestos para la obtención limpia de hidrógeno; nanopartículas para la captura de dióxido de carbono; nanopartículas para la limpieza de desechos radiactivos; y, nanopartículas para procesos fotocatalíticos.

Agricultura y alimentos

La nanotecnología contribuye con el desarrollo de innovadores agroquímicos para disminuir el uso de pesticidas, además de nuevos mecanismos de distribución para mejorar y aumentar el rendimiento de los cultivos, sin dañar el suelo ni el agua y optimizando la incorporación duradera de nutrientes por parte de los microorganismos en el suelo.

Asimismo, gracias a la nanotecnología se desarrollan productos fitosanitarios más eficientes con impacto ambiental reducido, así como variedades de alimentos resistentes a los insectos mediante la transferencia de ADN en las plantas o en el gen mediado por nanopartículas. Algunos de los productos que se desarrollan son: pesticidas y fertilizantes amigables con el ambiente; nanosensores para monitoreo y detección de contaminantes químicos y biológicos; empaques de alimentos con nanopartículas antimicrobianas y nutrientes nanoencapsulados.

Una vez determinadas las principales industrias, es posible identificar las principales industrias líderes en este aspecto como se muestra en el subtítulo e del presente trabajo; sin embargo, previo a ello resulta esencial conocer también el ecosistema actual de las patentes tanto en México como en Latinoamérica, como muestra a continuación.

Número de patentes

Una patente es un conjunto de derechos exclusivos otorgados por un país al inventor de un nuevo producto o tecnología, que puede ser desarrollado comercialmente en un tiempo limitado a cambio de la divulgación de la invención.¹⁹

¹⁹ World Intellectual Property Organization. (2017). Patentscope. Obtenido de Wipo IP Portal: https://patentscope.wipo.int/search/en/result.jsf?_vid=P10-KKM8C6-45482.

El registro de patentes está restringido a los derechos de propiedad industrial, que a su vez forman parte del sistema de propiedad intelectual. En este sentido, resulta relevante proveer de un contexto respecto a la cantidad de patentes relacionadas con la nanotecnología existentes tanto en Latinoamérica como en México, ya que funge como un indicador esencial con respecto a la tecnología que se está desarrollando en este ámbito, sobre la orientación en el desarrollo de las nanotecnologías y la transferencia del conocimiento a la producción.

Primeramente, en el caso de Latinoamérica podemos encontrar que de acuerdo con la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (WIPO, por sus siglas en inglés) existen en total 12,158 patentes que presentan relación con el aspecto nanotecnológico. Con respecto a dicho número, cabe resaltar que de los 20 países que conforman Latinoamérica, la presencia de los países involucrados en las aplicaciones de patente consta de únicamente 15 países, los cuales son: México, Brasil, Argentina, República Dominicana, Uruguay, Costa Rica, Chile, Colombia, Perú, Cuba, Ecuador, Nicaragua, Guatemala, Panamá y El Salvador; la proporción de patentes con respecto a cada país se muestra en la siguiente figura.²⁰

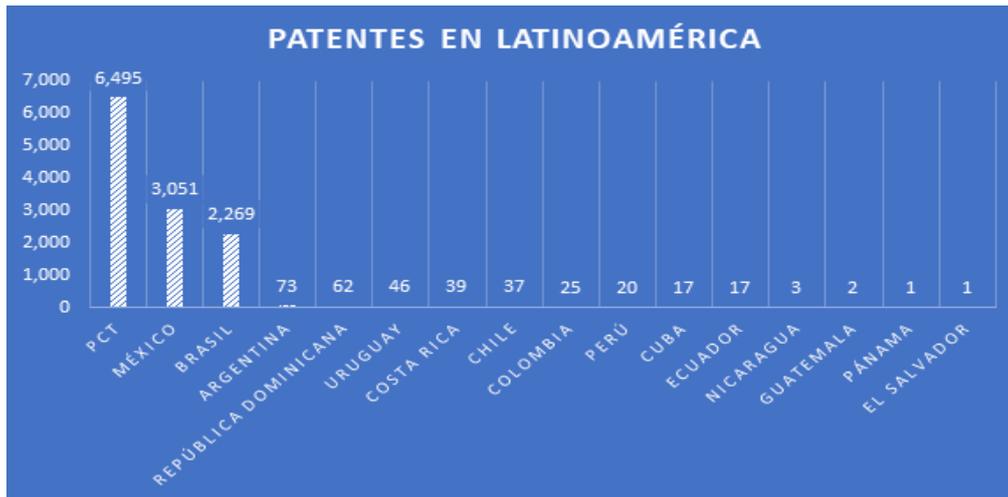


Figura 9. Número de patentes en Latinoamérica [Elaboración propia, fuente: WIPO].

²⁰ Foladori, G. (2016). POLÍTICAS PÚBLICAS EN NANOTECNOLOGÍA EN AMÉRICA LATINA. Problemas Del Desarrollo. <https://doi.org/10.1016/j.rpd.2016.03.002>

En la figura anterior es posible observar una fuerte predominancia en este sentido por parte de México, seguido cercanamente por Brasil, con un notorio cambio con respecto a los demás países, que presentan una menor proporción de aplicaciones de patentes de acuerdo con la WIPO.

Así mismo, para poder ofrecer un contexto con respecto a la innovación nanotecnológica es clave mostrar el número de patentes en términos temporales, es por ello por lo que en la siguiente figura se muestra dicho número de patentes por año de la última década para así poder observar su tendencia actual, la cual se puede ver en la figura 10.²¹

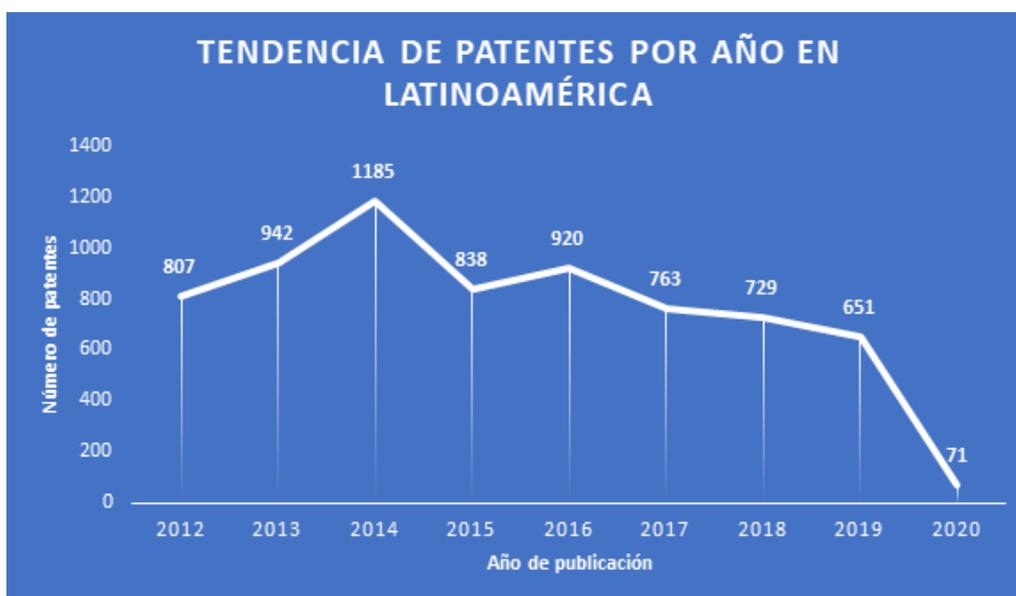


Figura 10. Tendencia de número de patentes por año en Latinoamérica [Elaboración propia, Fuente: WIPO].

Podemos observar que el máximo de patentes se dio durante 2014, más de ahí se vio un decremento consecutivo durante los siguientes años donde resulta notable el año 2020, con el comienzo de la pandemia se observa el declive drástico de casi el 90% con respecto al año anterior que se podría atribuir a dichas causas de fuerza mayor¹¹

²¹ Arteaga, E., Záyago. Parker, R., & Leos, V. et al (2017). Nanotechnology public policies in Mexico. Revista Iberoamericana de Ciencia Tecnología y Sociedad.

Ahora, enfocándonos a términos nacionales. Ya conociendo el grosor de patentes en Latinoamérica donde se encuentra México, un indicador interesante de observar es la evolución de la producción de patentes complementada con otro tipo de datos bibliométricos, como lo es con respecto con la evolución de los artículos producidos en nanociencias y nanotecnologías.

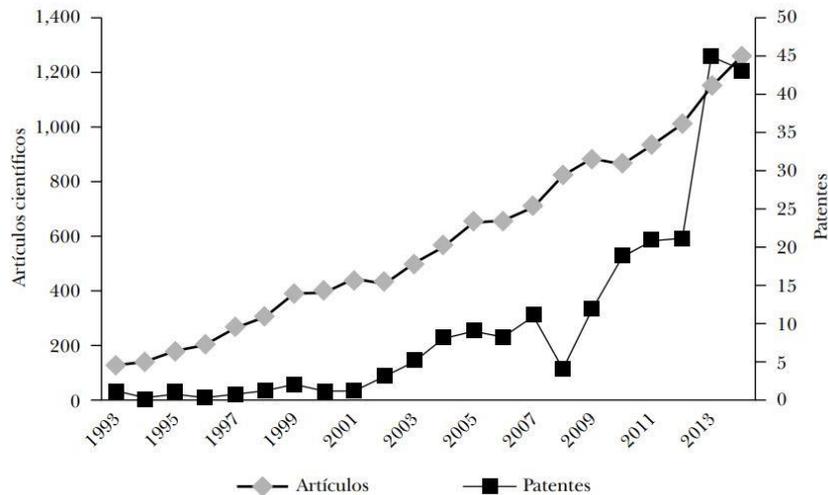


Figura 11. Artículos científicos producidos en México vs. patentes de mexicanos en nanotecnología [13]

El interés de hacer la comparación de ambos indicadores consiste en observar la evolución de la producción de ambos tipos de documentos, cuyos resultados en este caso constatan el estado embrionario de la transferencia de nanotecnología si se mide en patentes. Esto se refleja en el alto índice de la producción de artículos científicos frente al crecimiento discontinuo de las patentes.

Por otro lado, la evolución de ambos indicadores nos muestra que la evolución de la producción de artículos científicos ha seguido las tendencias globales con su despegue en la década de los años noventa. Para el caso de las patentes, y al igual que en el resto del mundo, el registro de patentes se incrementa con la primera década del siglo en México. La primera patente publicada es de 1993, lo cual corresponde grosso modo con el inicio de las patentes en nanotecnología en muchas otras regiones del mundo. También a principios de los años noventa comienzan a publicarse artículos científicos sobre nanotecnologías por autores radicados en México de manera significativa. Sin embargo, durante toda la década de los noventa se publicaron seis



patentes en México, siendo que el crecimiento sustantivo se da a principios de la segunda década del siglo XXI.²²

Esto significa un rezago relativo en el ritmo de crecimiento de entre siete y ocho años respecto de la tendencia mundial de los países desarrollados, que tienen su punto de inflexión desde los primeros años del siglo. Podría afirmarse que la investigación en nanotecnologías en México arranca de manera colectiva entrados los años noventa; mientras que la innovación medida en patentes comienza a manifestarse al menos una década después. Así mismo, de manera reciente debido a la contingencia mundial que se está afrontando por motivo de la pandemia del COVID-19, es de esperarse un declive en esta tendencia de actividad que se había estado observando en los últimos años, por lo que las expectativas están por crearse a partir del 2020.

Empresas Líderes

La ubicación de los productos nanotecnológicos en la cadena de valor de las nanotecnologías refleja la ubicación de las empresas: Nanomateriales, nanointermedios y productos finales.

México

En el caso de México, en la primera etapa de la cadena de valor, correspondiente a los nanomateriales y nanoestructuras, hay aproximadamente 21 empresas; aquellas que fabrican con nanomateriales metálicos constituyen el primer grupo, le siguen estructuras poliméricas, las basadas en carbón, las inorgánicas y las semi metálicas. Los principales nanomateriales identificados son dióxido de titanio, plata, oro, hidróxido de magnesio y nanotubos de carbono.²³

Alrededor de 41 empresas conforman la etapa de nano-intermedios donde se encuentran principalmente los circuitos, compuestos y recubrimientos. En esta etapa destacan empresas como Comex, que fabrica una pintura antivegetativa y “auto-pulible” y Empower Circle México que importa un recubrimiento que brinda protección contra manchas, vandalismo, abrasión y desgaste.

²² Muñoz, A. J. (2014). La nanotecnología en México. Obtenido de: <http://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/cuadfront/article/viewFile/1913/1682>

²³ Záyago L. E., Foladori G., Villa V. L., P. Appelbaum R. et al (2015) Análisis Económico Sectorial de las Empresas de Nanotecnología en México. Instituto de Estudios Latinoamericanos. ISSN: 1989-8819.



Hay unas 72 empresas localizadas en la etapa de productos finales. La mayoría están en los segmentos de construcción e industria, seguidos de productos de cuidado personal, alimentos y agrícolas, y vestimenta, deportes y del hogar. Por ejemplo, Cemex, que produce y comercializa concreto Fortium ICF que permite economizar en costos de mantenimiento y de energía, Vitromex, que manufactura varios productos nanotecnológicos, pero sobresale una línea de pisos de cerámica anti-bacteriales con nanopartículas de plata y estabilizadas con zirconio, Global Proventus, que fabrica nano-membranas especializadas para filtración de agua para uso residencial, comercial e industrial, o Sigma, Xignus, Gresmex y Nanonutrition que se especializan en el sector de cuidado personal, alimentos y productos agrícolas.

Es posible que varias de las empresas que manufacturan con nanotecnología en México también realicen investigación y desarrollo (I&D), a juzgar por patentes registradas o proyectos de investigación financiados, pero es información parcial y no se deberían incluir en la cadena de valor.¹⁵

Así mismo, existen otras empresas en México que se enfocan a la nanotecnología como las enlistadas a continuación:

En México destacan empresas como:

- * Spintronics Corporation (desarrollo de nanotecnología en conjunto con las empresas: Instituto de Nanotecnología Aplicada, Diseñadores de Artes Digitales e Impresas y Tecnologías Avanzadas e Informáticas)
- * Ina.be.nano (diseño, construcción y aplicación de nanotecnología de 1º, 2º y 3º generación)
- * Carbomex (diseño, fabricación y caracterización de nanomateriales)
- * Sinanotox (desarrollo de pruebas toxicológicas)
- * Interlub (lubricantes industriales)
- * Nano Tec México (comercialización y distribución de nanomateriales)
- * Nanotex (tratamiento de resistencia a las manchas y auto limpieza para tejidos)
- * Graphenemex (materiales de grafeno específicos)
- * Grupo Kuo (Macro-M, la nanoempresa del Grupo KUO cuenta actualmente con tres líneas de productos: aditivos para polímeros, compuestos plásticos a base de nanomateriales y nanomateriales con propiedades especiales)



PARTIDO ACCIÓN NACIONAL

* Nano Soluciones (distribuidor de productos nanotecnológicos)

Una distribución aproximada²⁶ por estado de las empresas mexicanas que desarrollan nanotecnología en México en 2013 se muestra en la siguiente tabla:

Estado	No. de actores
Ciudad de México	31
Nuevo León	39
Estado de México	10
Baja California	3
Jalisco	3
Morelos	2
San Luis Potosí	2
Aguaascalientes	2
Sonora	2
Guanajuato	2
Hidalgo	2
Tamaulipas	2
Querétaro	4
Yucatán	1
Chihuahua	1
Coahuila	2
Veracruz	1
Quintana Roo	1
Puebla	1
Morelos	1
Total	112

Fuente: Mexico Industry²⁶

Latinoamérica

A nivel Latinoamérica, México ocupa el segundo lugar en desarrollo de nanotecnología. El primero es Brasil y Argentina el tercero. Según datos recabados de las bases de datos de Nanowerk, Nanodb, las siguientes son las empresas que manejan nanotecnología, cabe destacar que la mayoría de los productos de estas empresas no se producen en dichos países, pero su procedencia es latina, además, el hecho de que otros países no se incluyan sólo significa que no están registradas sus empresas en dichas bases de datos:

Chile:

1. CuPRO (fábrica nanocobre con grado de pureza superior al 99,9% y de tamaños entre 10 y 100 nm, estabilizados y de valencia cero)
2. Nanotec (investigación, producción y comercialización de nanotecnología tanto en procesos como en productos)¹
3. Leitat (nanotecnología aplicada a manufactura avanzada, economía circular e infotecnología)



Colombia:

1. VEDAS Corporation for Research and Innovation (VCII) (apoya al desarrollo de proyectos en educación, investigación e innovación en áreas multidisciplinarias como colaboraciones en nanotecnología y biotecnología)

Brasil:

- Agricultura-8
- Bioage Skincare Solutions
- Bless
- S'oller
- Adlux
- Beautybr
- Richée
- Yenzah
- Tyrrel
- NutraHair
- Perfect Liss
- Sphair
- Nuance
- Sorali
- Robson Peluquero
- Italian Hairtech
- Prime Pro
- Borabella
- Forever Liss
- Inoar
- Glendex
- Salvatore
- Naelly
- Sweet
- Tree Liss
- Probelle
- Pro Hairmony
- eXo



Aunque se han registrado alrededor de 150 empresas en este país.

Latinoamérica

A nivel Latinoamérica, México ocupa el segundo lugar en desarrollo de NT. El primero es Brasil y Argentina el tercero. Según datos recabados de las bases de datos de Nanowerk, Nanodb, las siguientes son las empresas que manejan nanotecnología, cabe destacar que la mayoría de los productos de estas empresas no se producen en dichos países pero su procedencia es latina, además, el hecho de que otros países no se incluyan sólo significa que no están registradas sus empresas en dichas bases de datos

Chile:

1. CuPRO (fábrica nanocobre con grado de pureza superior al 99,9% y de tamaños entre 10 y 100 nm, estabilizados y de valencia cero)
2. Nanotec (investigación, producción y comercialización de nanotecnología tanto en procesos como en productos)
3. Leitat (nanotecnología aplicada a manufactura avanzada, economía circular e infotecnología)

Colombia:

1. VEDAS Corporation for Research and Innovation (VCII) (apoya al desarrollo de proyectos en educación, investigación e innovación en áreas multidisciplinarias como colaboraciones en nanotecnología y biotecnología)

Brasil:

- | | | |
|------------------------------|-----------------------|------------------|
| 1. Agricultura-8 | 10. NutraHair | 20. Inoar |
| 2. Bioage Skincare Solutions | 11. Perfect Liss | 21. Gllendex |
| 3. Bless | 12. Sphair | 22. Salvatore |
| 4. S'oller | 13. Nuance | 23. Naelly |
| 5. Adlux | 14. Soralí | 24. Sweet |
| 6. Beautybr | 15. Robson Peluquero | 25. Tree Liss |
| 7. Richée | 16. Itallian Hairtech | 26. Probelle |
| 8. Yenzah | 17. Prime Pro Extreme | 27. Pro Hairmony |
| 9. Tyrrel | 18. Borabella | 28. eXo |
| | 19. Forever Liss | |



PARTIDO ACCIÓN NACIONAL

Aunque se han registrado alrededor de 150 empresas en este país.

Argentina:

1. La posta del águila (agua mineral con NPs de plata)

Panorama general de América Latina

En México la lista sobrepasa las 90; y en Argentina se habla de al menos 24. Además, están los productos de la nanotecnología que libremente entran a los países por el comercio exterior. Dado que a nivel mundial no hay reglamentación, ni obligatoriedad para etiquetar, ni clasificación especial de las materias primas de la nanotecnología en el comercio internacional, no hay forma de conocer lo que ya está en el mercado.

Universidades y Centros de Investigación Destacados

Existen varias universidades y centros de investigación que desarrollan investigación en nanotecnología, algunos llegan a tener proyectos relacionados con el área y otros se enfocan principalmente en ella, a continuación, se muestran algunos de éstos.

México

El Programa Especial de Ciencia y Tecnología creó la Red de Nanociencias y Nanotecnologías (2009) donde se han registrado más de 50 universidades y centros de investigación y posiblemente cerca de 500 investigadores que trabajan en el área. Entre estos se encuentran los siguiente²⁴:

- | | |
|---|---|
| 1. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional | 10. Escuela Superior de Física y Matemáticas (IPN) |
| 2. (CINVESTAV) México | 11. Instituto de Física (UNAM) |
| 3. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional | 12. Instituto de Química (IQ) UNAM |
| 4. (CINVESTAV) Mérida | 13. Centro de Investigación en Energía (CIE) UNAM |
| 5. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional | 14. Instituto de Investigaciones en Materiales (IIM)UNAM |
| 6. (CINVESTAV) Querétaro | 15. Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada (CFATA)UNAM |
| 7. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional | 16. Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADET) UNAM |
| 8. (CINVESTAV) Saltillo | 17. Facultad de Ciencias (FC) UNAM |
| 9. Centro de Investigación e Innovación Tecnológica (CIITEC) del Instituto Politécnico Nacional (IPN) | 18. Centro de Nanociencias y Nanotecnología (CNyN) UNAM |
| | 19. Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) |

²⁴PROMÉXICO (2012) Estudio de Diagnóstico y Prospectiva de la Nanotecnología. Obtenido de: http://www.20062012.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/Estudios/Diagnostico_y_Prospectiva_Nanotecnologia_Mexico.pdf



PARTIDO ACCIÓN NACIONAL

20. Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ)
21. Centro Nacional de Metrología (CENAM)
22. Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C. (CIMAV)
23. Centro Investigación en Química Aplicada (CIQA)
24. Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial (CIDESI)
25. Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas (CIATEC)
26. Centro de Investigación Científica de Yucatán, A. C. (CICY)
27. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE)
28. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD)
29. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Edo. de Jalisco A.C. (CIATEJ)
30. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR)
31. Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica (CIDETEQ)
32. Centro de Investigaciones en Óptica, A.C. (CIO)
33. Centro de Tecnología Avanzada, Querétaro (CIATEQ, A.C.)
34. Corporación Mexicana de Investigación en Materiales, S.A. de C.V.(COMIMSA)
35. Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A.C. (IPICYT)
36. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP)
37. Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH)
38. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ)
39. Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL)
40. Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP)
41. Universidad Autónoma de Yucatán (UADY).
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
42. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH)
43. Universidad Autónoma Metropolitana (UAM)-
Azcapotzalco
44. Universidad Autónoma Metropolitana (UAM)-
Iztapalapa
45. Universidad de Guadalajara (UDG)
46. Universidad de Guanajuato (UG)
47. Universidad de Sonora (UNISON)
48. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH)
49. Universidad Veracruzana. Centro de Investigación en Micro y Nanotecnología (UV/MICRONA)
50. Instituto Tecnológico de Celaya (ITC)
51. Instituto Tecnológico de Saltillo (ITS)
52. Instituto Tecnológico de Hermosillo (ITH)
53. Instituto Tecnológico de Querétaro (ITQ)
54. Universidad de Monterrey (UDEM)
55. Universidad de las Américas Puebla (UDLA)
56. Universidad Anáhuac México Sur (UAMS)
57. Universidad Tecnológica de la Mixteca (UTM)
58. Universidad Politécnica de Chiapas (IPCH)
59. Universidad Autónoma de Zacatecas (UAZ)
60. Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ)

Latinoamérica

En el contexto de Latinoamérica, se han registrado cerca de 50 universidades y centros de investigación con más de 1,200 investigadores y 2,000 estudiantes universitarios trabajando en las diversas áreas de la nanotecnología en Brasil, además, de los 120 Institutos Nacionales de Ciencia y Tecnología creados por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (en 2008), al menos 21 realizan investigaciones en nanotecnología.

En Argentina, cerca de 200 investigadores trabajan en nanotecnología, Chile tiene varios grupos de investigación en sus principales universidades, en Perú más de cuatro universidades tienen grupos de investigación en el tema, mientras que en Venezuela se creó la Red Venezolana de Nanotecnología (2010), que aglutinó investigadores de las principales universidades y centros de investigación, así como representantes del sector productivo y de agencias gubernamentales.



La investigación basada en nanotecnología también existe en los pequeños países de Latinoamérica: en Uruguay las nanotecnologías fueron incluidas en el Plan Estratégico Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (2010). En la República Dominicana, el Plan Estratégico de Ciencia Tecnología e Innovación incluyó a las nanotecnologías como área prioritaria dentro de las ciencias físicas. Costa Rica tiene un laboratorio de nanotecnología (Lanotec) desde 2004. En Cuba, el Centro de Estudios Avanzados dedicado a las nanotecnologías y las tecnologías convergentes fue lanzado en 2010. En Guatemala, El Salvador y Ecuador también realizan investigación en esta área.

Clústeres

La conformación de clústeres en este campo permite que grupos de empresas, instituciones y otras organizaciones relacionadas con la nanotecnología en una zona geográfica específica logren concentrar técnicas y conocimiento especializado con ventajas competitivas.²⁵

Clústeres en México

El Silicon Border Development Science Park es el primer parque de alta tecnología especializado en nanocomponentes de América Latina. Se ubica en Mexicali, Baja California, y su propósito es crear un parque científico que abastezca toda la cadena de la industria de semiconductores y otras de alta tecnología. Cuenta con el apoyo del gobierno federal y del estado de Baja California, por parte de México, y del gobierno de California por parte de Estados Unidos. El proyecto para construir el parque comenzó en 2006.

El Clúster de Nanotecnología de Nuevo León consta de 25 miembros asociados y está permanentemente abierto a nuevos miembros que compartan el objetivo de incorporar los beneficios de esta tecnología habilitadora en sus empresas y en las cadenas productivas de Nuevo León. A continuación, se desglosan los integrantes que lo conforman.

- Cemex
- Cedinor, SA de CV
- Sigma Alimentos
- Grupo Vitro
- Whirlpool
- Nanomateriales
- Kinetech Power Systems
- Academia
- Inncom
- Distrito Emprendedor
- Porcelanite-Lamosa
- Prolec-GE
- Viakable
- Vitro
- Lamosa
- Nematik
- Nanomat
- Owens Corning
- Prodivant

²⁵ Clúster nano (2019) Avances en el Ecosistema de Nanotecnología de Nuevo León. Obtenido de: <http://clusternano.com/index.php/nosotros>



PARTIDO ACCIÓN NACIONAL

- Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey
- Universidad Autónoma de Nuevo León
- Universidad Tecnológica General Mariano Escobedo
- Gobierno
- Secretaría de Economía y Trabajo
- Instituto de Innovación y Transferencia de Tecnología
- Centros de Investigación y Desarrollo
- Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV)
- Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial (CIDESI)
- Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA)

El Parque Tecnológico (Centro de Innovación y Transferencia) de Puebla, con el apoyo directo del estado. La idea es fomentar la innovación que permita mejorar la competitividad de las cadenas productivas de la región.²⁶

A partir de 2005 se construye en el estado de Nuevo León, el Parque de Investigación e Innovación Tecnológica. Este parque es parte del proyecto Ciudad del Conocimiento, donde se pretende atraer los principales centros de educativos y de investigación de México a la ciudad de Monterrey. La participación de este proyecto con el Centro de Innovación, Investigación y Desarrollo en Ingeniería y Tecnología, donde se ubica el Laboratorio de Nanotecnología y Nanociencias. Otras instituciones de investigación ya están presentes en el parque. El CONACyT tiene una subsección del Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial y un subcentro del Nanotech; tiene el Centro de Investigación y Diseño Estratégico de Producto; tiene el Centro de Empaquetotecnia Avanzada; él llevará el Cinvestav; el Instituto del Agua de Nuevo León también estará presente; varias empresas de software formarán un clúster; se creará una incubadora de empresas y también se instalarán otras empresas como Sigma, Pepsico y Motorola. Actualmente, él se prepara para ser sede del Congreso Latinoamericano de Parques Científicos y Tecnológicos, que tiene como objetivo intercambiar las experiencias respecto a las incubadoras de empresas de alta tecnología.

- I. Paso del Norte / Packaging Cluster tiene como objetivo crear un corredor tecnológico entre Albuquerque, Nuevo México, y la ciudad de Chihuahua. Éste incluye centros de investigación, empresas y los laboratorios militares Sandia y cuenta con el apoyo de la Fumec.
- II. De los acuerdos militares que se han hecho públicos destaca la firma del tratado Security and Prosperity Partnership of North America entre México, Estados Unidos y

²⁶ Záyago-Lau, E., & Foladori, G. (2010). La nanotecnología en México: un desarrollo incierto. *Economía Sociedad Y Territorio*. Obtenido de: <https://doi.org/10.22136/est002010155>



PARTIDO ACCIÓN NACIONAL

Canadá, y en el marco del Tratado de Libre Comercio de América del Norte. El tratado incluye la colaboración científica en I&D en diversas áreas, incluida la nanotecnología, en un marco directamente influenciado por los sectores militares. De esta forma se busca insertar parte de la I&D de la nanotecnología mexicana al mercado de la industria militar, sobre todo en relación con nuevos materiales y compuestos suplementarios.

- III. Parque de Investigación e Innovación Tecnológica (PIIT). Es uno de los proyectos fundamentales y pieza central del MYTCIC. Forma parte de la infraestructura desarrollada por el I2T2 y se ubica en el municipio de Apodaca, sitio donde se concentra el 40% de la industria de la zona metropolitana de Monterrey. Tiene por objeto fomentar “la investigación tecnológica y la transferencia de tecnología entre el sector académico y el sector empresarial”. El PIIT ha servido como impulso a nuevas empresas de base tecnológica: en la actualidad alberga 22 centros de investigación y dos incubadoras de alta tecnología (I2T2, 2014). Para el cierre del 2015 se espera que logre contar con un total de 50 centros de investigación públicos y privados; 4 Incubadoras de alta tecnología.
- IV. Programa de incubadoras de alta tecnología. Su objetivo es apoyar a emprendedores y empresas en el desarrollo y comercialización de productos nuevos o con nuevos atributos tecnológicos. Da servicio a diversos clústeres (apoyando en la evaluación de viabilidad técnica, financiera y de mercado, asesoría legal, administrativa, mercadotecnia y ventas e inclusive espacio físico, equipo, logística, financiamiento y capital semilla). El uso de plataformas tecnológicas para nanotecnología, biotecnología y vivienda sustentable se encuentra en pleno desarrollo.
- V. Convenio Universidad Estatal de Arizona /CIMAV-CONACYT para formar un Cluster de Innovación en Nanotecnología en América del Norte y que cuenta con un fondo a partes iguales de 16 millones de dólares en 5 años; convenios con UT-Austin y SUNY-Albany / CONACYT, cada uno por 250 mil dólares y el fondo a partes iguales por 20 millones de euros, establecido con la Unión Europea a través del Séptimo Programa Marco de aquella Región.



Clústeres en Latinoamérica

Los gobiernos de Brasil (alrededor de 250 millones de dólares entre 2004 y 2009), Argentina (aproximadamente 50 millones de dólares entre 2006 y 2010), México (cerca de 60 millones de dólares entre 2005 y 2010) y Chile (0 millones de dólares entre 2005 y 2010) financiaron redes de investigación, laboratorios multiusuarios, infraestructura y equipo, apoyaron clústeres de investigación/producción y promovieron llamados a concursos muchas veces en asociaciones público-privadas para la investigación en nanotecnologías.

Sin embargo, no se encontró información exclusiva sobre clústeres en el resto de Latinoamérica, los países cuentan con asociaciones de vinculación entre empresas e instituciones y estas mismas cuentan como una red de comunicación y facilidad para el desarrollo de nanotecnologías.

Asociaciones.

Las asociaciones que más destacan en el área del desarrollo de nanotecnologías se presentan a continuación:

México

*Red Internacional de Bionanotecnología con impacto en Biomedicina, Alimentación y Bioseguridad del CONACyT*²⁷: Se creó en el 2012 y actualmente forma parte de las Redes Temáticas de CONACyT. Incluye más de 200 participantes en 35 grupos temáticos; 90 instituciones de 15 estados de México y 9 países. Actualmente genera conocimiento e innovaciones en cuatro áreas principales: salud pública, medicina veterinaria, alimentos y bioseguridad. Tienen proyectos en etapa de desarrollo avanzado y otros en transferencia de tecnología. Las instituciones de México y Latinoamérica que son parte de esta Red son:

México:

- Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No. 198
- Centro de Estudios Tecnológicos del Mar
- CIAD AC
- CIATEJ
- CIBNOR
- CICATA-IPN
- CICESE
- CINVESTAV-Irapuato
- CINVESTAV-Zacatenco
- CNyN-UNAM
- COLEGIO DE POSTGRADUADOS
- CONACyT-COLPOS
- CONACyT-UNAM-CNyN
- Consultorio Privado

²⁷ Red Internacional de Bionanotecnología. (2018). RedIntBiono. <https://www.redinternacionaldebionanotecnologia.org/#:%7E:text=La%20Red%20Internacional%20de%20Bionanotecnolog%C3%ADa,la%20alimentaci%C3%B3n%20y%20la%20bioseguridad.>



PARTIDO ACCIÓN NACIONAL

- CUCS-UdeG
- ECITEC-UABC
- ECS-UABC
- FCB-UANL
- FCQI-UABC
- FCQI-UABC
- FC-UABC
- FES-Cuautitlán-UNAM
- FE-UABC
- FIAD-UABC
- FM-UABC
- FM-UNAM
- FMVZ-UNAM
- Hospital General de México
- FM-UNAM
- Hospital privado
- IIMAS-UNAM
- IIS-UNAM
- INIFAP
- Instituto de Oftalmología
Fundación Conde de Valenciana
- Instituto Nacional de Medicina
Genómica
- Instituto Nacional de Pediatría
- Instituto Nacional de Salud
Pública
- Instituto Tecnológico de Tuxtla
Gutiérrez,
- Instituto Tecnológico del Valle
del Yaqui
- Instituto Tecnológico Superior de
la Región Sierra
- ISSSTECALI
- ITESM-Campus Querétaro
- UABC
- UAEM
- UAG
- UMSNH
- UNAM



También cuenta con varias empresas miembros:

México:

- Bionag SAPI de CV
- Laboratorio H2M Industrial Bionanotechnologies, SA de CV
- Antah Technology International
- Clínica Veterinaria Troba Zoo
- Consultorio Servicio Médico Integral Avanzado
- Hospital Veterinario Peña Jasso
- Centro Biomédico de Occidente de Jalisco
- La Joya de Totonacapan SPR de RL
- AGROMOD SA de CV

Red NanoFab UNAM: tiene como objetivo generar, impulsar y promover el desarrollo y transferencia de investigación científica y tecnológica aplicada en nanotecnología, en los sectores estratégicos del noroeste del país, sustentados en el diseño, creación e innovación de nanodispositivos y nanomateriales, así como la capacitación y habilitación de profesionales activos en la industria, como detonante de la competitividad económica en beneficio de la sociedad en general.²⁸

Las instituciones que forman parte de ella son:

- Centro de Nanociencias y Nanotecnología-UNAM
- Facultad de Ciencias-UNAM
- Universidad de Kino
- Instituto Tecnológico de Ensenada
- Universidad de Sonora
- Universidad Autónoma de Baja California
- Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

Las empresas asociadas:

- ThumSat
- Canacindra
- Algas Pacific

²⁸ *NanoFAB Red de Investigación en Nanotecnología.* (2018). Red Investigación para el Desarrollo y Transferencia Tecnológica – Fordecyt 272894. <http://www.rednanofab.com/>



PARTIDO ACCIÓN NACIONAL

- Invenio
- Coparmex
- ECN Automation

Cuentan con cinco proyectos: Nanobaterías en estado sólido, diseño de conductores iónicos en estado sólido, depósito de capa atómico-selectivo, guías de onda óptica y Sola Cleaner.

- I. Red de Nanociencia y Micronanotecnología del IPN: Su misión es integrar investigadores de alto nivel que desarrollen la capacidad de trabajar en grupos inter y multidisciplinares, en el campo de Nanociencia y Micro-nanotecnología en proyectos orientados a la innovación y al desarrollo tecnológico, creando sinergia entre las Unidades Académicas y Centros de Investigación del IPN que conforman la Red de Nanociencia y Micro-nanotecnología con los sectores productivo, social y gubernamental, apoyando la investigación científica de alta calidad e impacto .
- II. Tiene seis líneas de investigación: Fenómenos y procesos fundamentales en nanociencia, nanomateriales, micro-nanodispositivos y micro-nanosistemas, micro y nanomanufactura, instrumentación, metrología y estándares en manufactura e impacto social y económico de las micro-nanotecnología.
- III. Laboratorio Nacional de Nanotecnología: Representa una avanzada plataforma tecnológica para el impulso de la Nanociencia y la Nanotecnología en México, apoyando a los sectores académico, productivo y social. Dentro de sus principales actividades se encuentra la de servir como nodo de la Red Nacional de Nanotecnología .
- IV. Regina (Red de Grupos de Investigación en Nanociencias) : Se formó en el 2003. Tiene como objetivo la colaboración entre grupos de investigación en el tema de Nanociencia, con el fin de generar proyectos interdisciplinarios y optimizar recursos humanos, equipo experimental y sistemas de cómputo .
- V. Laboratorio Universitario de Nanotecnología Ambiental (LUNA): Este laboratorio realiza estudios de abatimiento de la contaminación de aire, agua y suelo, mediante procesos catalíticos y fotocatalíticos, de degradación de fármacos, herbicidas y otros compuestos orgánicos en función del tiempo, exposición a la luz o diferentes



PARTIDO ACCIÓN NACIONAL

condiciones de almacenamiento, entre otros. Se encuentra en el Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología (ICAT), en Ciudad de México.

- VI. Red Temática de Nanociencias y Nanotecnología CONACYT: Dirigida por la UNAM en colaboración con el CONACYT, es la más grande de su tipo a nivel nacional, en esta participan más de 500 investigadores de más de 15 instituciones académicas y centros de investigación nacionales e internacionales. Dentro de sus objetivos se encuentra la colaboración en el desarrollo de proyectos y en la generación de conocimiento, a través del trabajo de equipos inter y multidisciplinarios a fin de investigar, desarrollar y generar conocimiento de alto impacto en materia de nanotecnología .
- VII. División de Nanociencia y Nanotecnología (DINANO): Es un organismo de la Sociedad Mexicana de Física (SMF) de la UNAM. Fue creada para fomentar la colaboración y el intercambio de experiencia entre investigadores y estudiantes de estas disciplinas, a través de reuniones nacionales y en el mismo congreso nacional de física. Dentro de sus objetivos está la vinculación de la comunidad académica con la industria y de esta manera reducir la brecha entre sí a fin de incrementar el apoyo de la industria a la investigación básica e impulsando la competitividad de ésta .
- VIII. Punto Nacional de Contacto en Nanotecnología y Nuevos Materiales: Antes Laboratorio Nacional de Nanotecnología (Nanotech), forma parte del Clúster de Innovación en Nanotecnología en América del Norte a través de un convenio con la Universidad Estatal de Arizona, el Cimav y Conacyt; además suscribió convenios con la Universidad de Texas en Austin, con la Universidad Estatal de Nueva York en Albany y con el Séptimo Programa Marco de Investigación de la Unión Europea.
- IX. El laboratorio y sus investigadores adscritos son ejes articuladores de la Red de Nanociencias y Nanotecnología (Red NyN), una de las redes temáticas de investigación del Conacyt .
- X. Centro Virtual Brasileño-Mexicano de Nanotecnología: Se creó mediante el acuerdo de colaboración, firmado el 17 de agosto de 2009, entre el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de los Estados Unidos Mexicanos (CONACYT) y el Ministerio



PARTIDO ACCIÓN NACIONAL

de Ciencia y Tecnología de la República Federativa de Brasil (MCT). Según su página web oficial, entre sus objetivos está :

- XI. Promover el intercambio científico y la formación y capacitación de recursos humanos en el sector de nanociencia y nanotecnología en ambos países;
- XII. Promover a través de grupos de investigación el desarrollo de proyectos de I+D orientados a la creación de conocimiento, productos y procesos de interés económico y social para ambos países;
- XIII. Fomentar la difusión de la nanotecnología como un instrumento para la innovación en el sector industrial, mediante la promoción de eventos y la realización de actividades conjuntas de investigación y desarrollo, orientadas específicamente a los sectores productivos de ambos países, que permitan la interacción entre investigadores y empresas de ambos países y la capacitación de recursos humanos en el sector empresarial;
- XIV. Estudiar las cuestiones relativas a las patentes y la propiedad intelectual e industrial en la comercialización de productos y procesos nanotecnológicos, desarrollados en el marco de esta cooperación.
- XV. Colegio Mexicano de Nanotecnólogos (ColMeNa): Fue fundado en 2019 por egresados de la carrera de Nanotecnología e Ingeniería Molecular de la Universidad de las Américas (UDLAP), en Puebla. Actualmente ya cuenta con registro ante notario público.
- XVI. Pioneros de lo Nano: Es una red creada en el 2020, que busca fomentar la educación y divulgación científica de las nanotecnologías en la sociedad. Ofrece conferencias, charlas, cursos y asesorías relacionadas con temas de nanotecnología a estudiantes y profesionales que quieran adentrarse más en estos temas .
- XVII. SE-Nano UNAM (Sociedad Estudiantil de Nanotecnología): tiene como misión representar a los estudiantes y egresados de la licenciatura en Nanotecnología e impulsar sus ideas y proyectos, teniendo como prioridad su formación integral y el bienestar social. Su visión es ser la sociedad estudiantil de nanotecnología referente



PARTIDO ACCIÓN NACIONAL

a nivel nacional, estableciendo el puente entre estudiantes y comunidad.

Actualmente realiza proyectos en cinco áreas: Divulgación científica, Medio ambiente, Labor Comunitaria, Vinculación y Egresados.

- XVIII. Nanotox Lab: Es un grupo de investigación del CNyN-UNAM, enfocado en nanotecnología y biotecnología. Busca implementar técnicas moleculares y celulares para la investigación de diferentes nanomateriales en modelos celulares de mamíferos crecidos *in vitro*.
- XIX. Águila Lab: Es un grupo de investigación del CNyN-UNAM, cuyas principales áreas de investigación son la inmovilización de enzimas en soportes nanoestructurados, química verde, y simulaciones computacionales de modelos biológico.

Latinoamérica

Existe una gran variedad de redes y alianzas para el avance de la nanotecnología en los países de América Latina. Dichos grupos son tanto internos (únicamente abarcan el país mismo), como internacionales, es decir, sus alianzas incluyen institutos e investigadores de dos o más países. En la figura 13 se puede ver la red conformada por las instituciones top en nanotecnología en Chile, Uruguay, Brasil y Argentina, en el periodo 1990-2006.

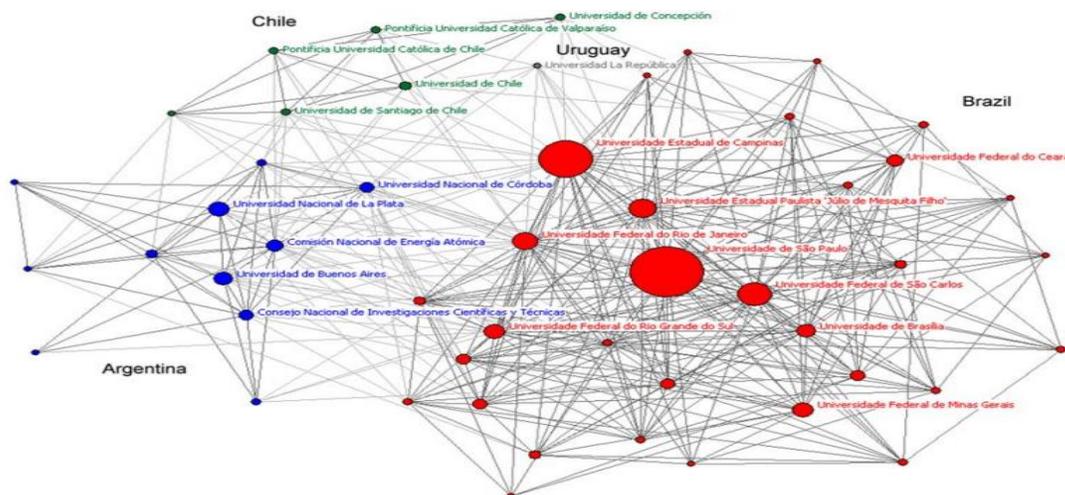


Figura 13. Relaciones entre las instituciones top 50 entre Argentina, Brasil, Chile y Uruguay. Cada nodo representa una institución, y su tamaño representa el número de publicaciones en el periodo dicho. Las líneas representan coautorías.



PARTIDO ACCIÓN NACIONAL

- I. Red Latinoamericana de Nanotecnología y Sociedad (ReLANS): Se administra de manera binacional, con una administración en Curitiba, Brasil, y otra en Zacatecas, México. La sede física está en el doctorado de Estudios del Desarrollo en la Universidad Autónoma de Zacatecas. Tiene como propósito dialogar sobre el papel de las nanotecnologías y crear un foro de discusión e intercambio de información que dé seguimiento al proceso de desarrollo de las nanotecnologías en América Latina. Para ello pretende establecer convenios y acuerdos de colaboración con instituciones académicas, gubernamentales y sociales, interesadas en indagar y evaluar, desde la realidad latinoamericana, las implicaciones políticas, económicas, sociales, legales, éticas y ambientales de las nanotecnologías que se desarrollan domésticamente, y/o en colaboración con centros e instituciones extranjeras, o bien de productos que se importan con nanocomponentes .
- II. Centro Argentino-Brasileño de Nanociencias y Nanotecnología (CABNN): Se integran grupos de investigación, redes de nanociencia y nanotecnología y empresas de Argentina y Brasil, con el fin de apoyar la investigación científico-tecnológica en el área y perfeccionar los recursos humanos y científicos de ambos países. Sus acciones incluyen: formación de recursos humanos, intercambio de profesores e investigadores, coordinación de redes nacionales de nanociencias y nanotecnologías y constitución de grupos de trabajo mixtos con empresas para identificar nichos del mercado, productos y desarrollos. Surge de la cooperación del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Argentina y el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de Brasil .

Brasil

Brasil Nano (Associação Brasileira de Nanotecnologia): Tiene como objetivo principal promover el desarrollo científico y tecnológico básico y aplicado de la nanotecnología en los campos económico, ambiental, docente, investigativo, legal y social en el territorio nacional e internacional .

Sistema Nacional de Laboratorios de Nanotecnología (SisNANO): Es un sistema formado por un conjunto de laboratorios dedicados a la I + D + i, que cubren un amplio espectro de nanotecnologías. Fue instituido por Ordenanza No. 245 del 5 de abril de 2012 y se presenta



PARTIDO ACCIÓN NACIONAL

como un sistema para la promoción, apoyo y gestión de infraestructura y recursos humanos dedicados a la nanotecnología. La Instrucción Normativa 2, de 15 de junio de 2012, prevé el reglamento técnico para la integración al Sistema Nacional de Laboratorios en Nanotecnología y prevé otras medidas .

Su objetivo es ampliar el acceso a los laboratorios que forman parte de SisNANO y, especialmente, institucionalizar y formalizar el compromiso de estos laboratorios de actuar como laboratorios abiertos a usuarios externos del sector público y privado, permitiendo una mayor interacción entre investigadores y empresas y mayores facilidades para el uso, no solo de la infraestructura de los laboratorios, sino también de recursos humanos capaces de asistir en el desarrollo de proyectos de I D i, o realizar ensayos y análisis en nanotecnología .

También cuenta con 8 laboratorios:

1. Laboratorio de Nanotecnología para Agronegocios - LNNA
2. Centro de Caracterización de Nanotecnología de Materiales y Catálisis - Cenano
3. Laboratorio Nacional de Nanotecnología - LNNANO
4. Laboratorio de nanotecnología multiusuario de Cetene - LMNano
5. Laboratorio de Química de Nanoestructuras de Carbono - LQN
6. Laboratorio de Nanometrología Estratégica en Inmetro
7. Laboratorio de Multiplicación de Nanociencias y Nanotecnología - Labnano
8. Laboratorio Integrado de Nanotecnología - LIN-Ipen

Y 18 laboratorios asociados:

1. Laboratorio Regional de Nanotecnología - LRNANO
2. Centro de Caracterización y Desarrollo de Protocolos para Nanotecnología - CCDPN
3. Centro Analítico en Técnicas de Microscopía (electrónica y óptica) de la Universidad Federal de Ceará
4. Laboratorio de Síntesis e Interacción de Nanoestructuras con Biosistemas - Nanobioss
5. Laboratorio de Caracterización Estructural - LCE
6. Laboratorio Asociado de Desarrollo y Caracterización de Nanodispositivos y Nanomateriales - LANano



7. Laboratorio de nanobiotecnología para el desarrollo, la creación de prototipos y la validación de productos
8. Laboratorios asociados en nanotecnología - LARnano
9. Laboratorio asociado de la UFV
10. Laboratorio de Nanociencia y Nanotecnología de la Amazonía - Labnano-Amazon
11. Laboratorio de Electroquímica y Materiales Nanoestructurados - LEMN
12. Laboratorio Coppe de Ingeniería de Superficies y Materiales Nanoestructurados - LabEngNano / Coppe
13. Laboratorio Interdisciplinario para el Desarrollo de Nanoestructuras - Linden
14. Núcleo de fabricación de bionios
15. Centro de componentes semiconductores - CCS
16. Núcleo de apoyo a la investigación en nanotecnología y nanociencias - NAP-NN
17. Laboratorio Central de Nanotecnología - LCNano
18. Laboratorio de Fabricación y Caracterización de Nanodispositivos - Labdis

Instituto de Física, Universidad Federal de Río Grande de Sul: Esta universidad resalta por ser una de las universidades más grandes, además cuenta con una de las publicaciones científicas más prolíficas de todo Brasil. Dentro del Instituto de física de esta universidad, y a lo largo de todo Brasil, existen 11 laboratorios orientados al estudio teórico-físico de las nanoestructuras .

El proyecto de Materiales Nanoestructurados de este Instituto tiene como objetivo coordinar los esfuerzos de estos laboratorios para poder realizar una investigación competitiva en la frontera del conocimiento, promoviendo la operación de la red, el uso eficiente de la infraestructura instalada, la acción enfocada en áreas de investigación donde exista capacidad y experiencia reconocida, y contacto con el sector productivo. El objetivo principal es consolidar esta red como referente nacional en el campo de la Nanociencia y la Nanotecnología. Los objetivos de esta red son también la formación de recursos humanos y la publicación de resultados en revistas de alto impacto .



El objetivo general es la producción y estudio experimental y teórico de materiales cuyas propiedades dependen directamente de las características de su nanoestructura .

Rede de Pesquisa em Nanobiotecnologia: Fue aprobada en 2001. En 2002, fundó la “Primera Escuela Brasileña de Nanobiotecnología”, con la participación de estudiantes graduados de las Universidades involucradas y miembros de la Industria. Tienen líneas de investigación en liberación controlada de fármacos, nanobiomagnetismo y biosensores .

Grupo de Investigación en Nanomateriales y Cerámica Avanzada (NACA): Está en Brasil. Se dedica a la síntesis, procesamiento y estudio de las propiedades fisicoquímicas de materiales monocristalinos, policristalinos y amorfos. Sus estudios se centran principalmente en materiales de óxido nano y microestructurados, cuyas propiedades físicas pueden ser modificadas por la presencia de defectos cristalográficos y químicos .

Grupo de Nanomedicina y Nanotoxicología (GNano): Es uno de los grupos pioneros en Brasil en el estudio y desarrollo de nuevos nanomateriales para aplicación en Medicina, especialmente en el Diagnóstico y Tratamiento de Cáncer, Enfermedades Infecciosas y Cardiovasculares, en un área denominada Nanomedicina. Estos estudios siempre se complementan con estudios de Nanotoxicología, que buscan evaluar el impacto del uso de nanomateriales en la salud humana y el medio ambiente. El grupo también opera en la aplicación de la nanotecnología como herramienta de innovación para la agroindustria .

Rede Cooperativa para Pesquisa em Nanodispositivos Semicondutores e Materiais Nanoestruturados (Nano SemiMat): Es parte de la iniciativa brasileña de nanotecnología. Sus trabajos incluyen los siguientes temas: Fotodetectores, Láseres y LED, Materiales Porosos, Nuevos Materiales, Nuevas Tecnologías, Tecnología Molecular e Interfaces, Materiales Nanoestructurados y Nanobiotecnología .

Argentina

Fundación Argentina de Nanotecnología: Es una fundación dedicada a promover el desarrollo de proyectos y emprendimientos con nanotecnología y a difundirlos en los



PARTIDO ACCIÓN NACIONAL

distintos sectores de la sociedad argentina. Su objetivo principal es vincular a los distintos actores intervinientes y generar un ámbito propicio para el desarrollo de estas tecnologías en ese país .

Centro de Investigación y Desarrollo de Nanomedicina (NaRDC): Forma parte de la Universidad Nacional de Quilmes (Argentina). Tiene como objetivo establecer una cartera de estructuras nanoparticuladas hechas de biomateriales únicos, para ser probadas preclínicamente en modelos de tejidos avanzados in vitro .

Costa Rica

Laboratorio Nacional de nanotecnología (Lanotec): Se encuentra en Costa Rica. Fue creado en 2004 y es parte del Centro Nacional de Altas Tecnologías (CeNAT) y del Consejo Nacional de Rectores .

Chile

Centro para el Desarrollo de la Nanotecnología (CEDDENNA): Es el primer centro de nanociencias y nanotecnologías en Chile. Está liderado por la Universidad de Santiago, y cuenta con la participación de académicos de diversas instituciones. Su misión es convertirse en un centro de investigación internacionalmente competitivo en nanociencia y nanotecnología, enfocándose principalmente en la generación de contribuciones significativas al conocimiento, la promoción del desarrollo de innovaciones tecnológicas basadas en esta área emergente y la formación de recursos humanos altamente calificados .

Colombia

Red Colombiana de Nanociencia y Nanotecnología: Parte de la Iniciativa Nacional de Nanociencia y Nanotecnología. Uno de sus objetivos es facilitar la articulación entre investigadores, centros, institutos, universidades, industria y gobierno a través de proyectos interdisciplinarios, redes temáticas y de laboratorios así como actividades conjuntas orientadas a fortalecer la generación y apropiación de conocimiento, innovación y desarrollo en el área de la nanociencia y nanotecnología [55]. Dentro de su organización se encuentra el Observatorio Nacional de Nanociencia y Nanotecnología, la Red Colombiana de Laboratorios (Nanolab Colombia), y el Consejo Asesor de Nanociencias y Nanotecnologías.



PARTIDO ACCIÓN NACIONAL

Consejo Nacional de Nanociencia y Nanotecnología: Se creó en 2005, impulsado por la Sección Colombia del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE), y a continuación se instaló una red de investigación y desarrollo de nanotecnociencias en centros educativos como la Universidad Javeriana, Universidad de San Buenaventura, Universidad del Bosque, Universidad Distrital, y Universidad Santo Tomás .

Centro de Ciencia y Tecnología Nanoescalar (NANOCITEC): Fundado en el año 2006 y compuesto por profesionales de áreas como la ingeniería electrónica, la física, la química, biomédica, medicina y biología , tiene como principales objetivos el incursionar en temas de:

- Ciencia y tecnología de nanopartículas y nanoestructuras orgánicas e inorgánicas .
- Nanociencia computacional.
- Bionanotecnología.
- Nanociencia, nanotecnología y salud.
- Implicaciones éticas y sociales de la nanociencia y nanotecnología

Cuba

Instituto de Ciencia y Tecnología de Materiales: Es parte de la Universidad de la Habana. Fue creado en 1985 es un centro de investigación científica, desarrollo e innovación tecnológica, que trabaja en la obtención y caracterización de nuevos materiales y en el desarrollo de equipos y dispositivos optoelectrónicos. Sus investigaciones tienen un amplio espectro de aplicaciones que incluyen la protección del medio ambiente, el aprovechamiento de los recursos naturales, el uso de las fuentes renovables de energía, la salud humana y la industria .

Perú

Red de Nanotecnología en el Perú: Integrada por investigadores del ámbito académico, instituciones públicas y privadas y ONGs. Promueve la investigación interinstitucional y multidisciplinaria de sus miembros, agrupa a especialistas en diversas áreas con el propósito de absolver consultas con fundamento científico y difundir las actividades relacionadas con la nanotecnología del Perú y el mundo.



Uruguay

Grupo de Nanotecnología y Nanociencia de Uruguay (G-Nanotec-Uy): Surgió en el 2009. Está conformado por investigadores que trabajan en el campo de las nanotecnologías en el país

Venezuela

Red Venezolana de Nanotecnología: Se crea en el 2009, para diseñar estrategias de formación y divulgación de la nanotecnología a nivel nacional. Como primer objetivo se plantea una interrelación académica con la creación de un Máster en Nanotecnología en todas las Universidades del país, al igual que la creación un plan de divulgación en Nanotecnología que llegue a todas las instancias educativas y a la población en general

Revistas e Informes

Revistas

México

Mundo Nano UNAM Revista Interdisciplinaria en Nanociencias y Nanotecnología: Es una publicación científica de acceso abierto que no cobra cuotas por procesamiento de artículos. Incluye reseñas de libros en el área de nanociencia y nanotecnología; Artículos completos de divulgación sobre aspectos científicos y tecnológicos, político-económicos, éticos, sociales y ambientales de las nanociencias y la nanotecnología

Materia, Ciencia y Nanotecnología: Es editada por el Centro de Investigación en Micro y Nanotecnología (Microna) de la Universidad Veracruzana. Tiene el objetivo de difundir las actividades de investigación básica, aplicada y desarrollo tecnológico, con un enfoque académico-científico, en las áreas de Física, Química, Biología, Medicina, Energía y Medio Ambiente e Ingeniería, que se realizan en las instituciones de educación superior o centros de investigación del país



Latinoamérica

Scientific America Latinoamerica: Revista mensual sobre avances científicos. Estuvo activa en el periodo 2003-2005.

Biblioteca Latinoamericana en Revistas de Investigación Científica y Social: Es un portal especializado en revistas científicas y académicas publicadas en América Latina y el Caribe

Informes/Acuerdos

México

A partir del año 2001, la nanotecnología fue considerada dentro del Plan Nacional de Desarrollo como un Programa Especial de Ciencia y Tecnología.

En 2008, la Secretaría de Economía realizó un primer estudio de la nanotecnología denominado “Diagnóstico y Prospectiva de la Nanotecnología en México”, documento que ha servido como referencia para la comunidad científica, académica e industrial.

Para 2011, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) llevó a cabo su primer levantamiento de información respecto del uso de la nanotecnología en la industria mexicana.

A partir del 2002 la mayoría de los fondos de investigación pasaron a exigir la participación del sector empresarial; y la reforma de la Ley de Ciencia y Tecnología en 2009 promovió que los centros públicos de investigación crearan empresas privadas como spin-offs, y también permitió que los investigadores (aún los que laboraban en centro públicos) se quedarán con hasta el 70% de las regalías de dichas aplicaciones .

Latinoamérica

Existen varios convenios bilaterales y multilaterales entre países de Latinoamérica que facilitan la difusión del conocimiento y la transferencia de tecnología. El primero fue el Centro Brasileño- Argentino de Nanotecnología, creado en 2005. Algunos otros se crearon después, como el Centro Virtual Brasil-México de Nanotecnología, las escuelas Chile-Brasil de Nanotecnología, o el Centro Virtual México-Argentina de Nanotecnología.



Brasil

El Ministerio de Ciencia y Tecnología (MCT) de Brasil y sus agencias comenzaron a estimular el desarrollo de la nanotecnología a fines del año 2000. La primera acción fue el financiamiento de cuatro redes cooperativas de investigación. Además, en 2004, un programa para el desarrollo de la nanotecnología fue incorporado al Plan Plurianual 2004-2007 de Ciencia y Tecnología, el cual fue ampliado un año más tarde con el lanzamiento del Programa Nacional de Nanotecnología.

Éste financió actividades de investigación y desarrollo, con particular atención a las asociaciones entre universidad y empresa, la construcción y renovación de laboratorios, proyectos de incubadoras de empresas de nanotecnología y la calificación de recursos humanos. Diez nuevas redes cooperativas fueron financiadas entre 2005 y 2009, y otras 17 lanzadas en 2010 .

Argentina

En 2003, la Secretaría de Ciencia y Tecnología consideró a las nanotecnologías como un área prioritaria para financiamiento de investigación. En 2005 fue creada la Fundación Argentina de Nanotecnología, con un presupuesto de 10 millones de dólares para los siguientes 5 años.

Además, fueron creadas 4 redes de investigación según grandes temas de nanotecnología. Cerca de 200 investigadores trabajan en nanotecnología en Argentina. En 2010 una nueva línea de financiamiento a través de los Fondos Sectoriales fue abierta para financiar la nanotecnología, aunque con el requisito de que los proyectos incluyesen participación empresarial.



Colombia

Este país colocó a las nanotecnologías dentro de las ocho áreas estratégicas en Ciencia y Tecnología; y en 2005 se estableció el Consejo Nacional de Nanociencia y Nanotecnología, asignado a la sección colombiana del Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (IEEE).

Colombia tiene 19 grupos de investigación en diez universidades y una red de desarrollo de investigación en nanotecnología .

Chile

Tiene varios grupos de investigación en sus principales universidades. El Ministerio de Educación, a través de la agencia de ciencia y tecnología CONICYT y el Ministerio de Economía han financiado la investigación en nanotecnología en al menos cuatro centros.

Venezuela

Su Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2005-2030 resaltó la importancia de desarrollar tecnologías de vanguardia, incluyendo las nanotecnologías. En 2010 se creó la Red Venezolana de Nanotecnología, la cual aglutina investigadores de las principales universidades y centros de investigación, así como representantes del sector productivo y de agencias gubernamentales.

Perú

El Plan Estratégico Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación para la Competitividad y el Desarrollo Humano, colocó a las nanotecnologías como un área estratégica para el desarrollo del país; y más de cuatro universidades tienen grupos de investigación en el tema.

Uruguay

Las nanotecnologías fueron incluidas como un área transversal prioritaria en el Plan Estratégico Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación en 2010.



PARTIDO ACCIÓN NACIONAL

República Dominicana

El Plan Estratégico de Ciencia Tecnología e Innovación 2008-2018 incluyó a las nanotecnologías como área prioritaria dentro de las ciencias físicas .

En la figura 14 se muestra un cuadro comparativo de cómo se fueron incorporando las nanotecnologías a los Planes Nacionales de los Países en Latinoamérica.

Año	País	Institución promotora
2000	Brasil	Ministerio de Ciencias y Tecnología
2001	México	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
2003	Argentina	Secretaría de Ciencia y Tecnología
2004	Colombia	Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación
2005	Costa Rica	Consejo Nacional para Investigaciones Científicas y Tecnológicas
2005	Guatemala	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
2005	Venezuela	Ministerio de Ciencia y Tecnología
2006	El Salvador	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
2006	Perú	Consejo Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación Tecnológica
2008	Rep. Dominicana	Secretaría de Estado de Educación Superior, Ciencia y Tecnología
2009	Uruguay	Gabinete Ministerial de la Innovación
2010	Panamá	Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación

Fuente: ReLANS Enero 2012.

Figura 14 Año en el que se comenzó a promocionar oficialmente la nanotecnología en países de América Latina y el Caribe.

Otras alianzas que se realizaron fue el caso del Banco Mundial con países de América Latina, en donde, desde finales de los noventa, se planteó la creación de una red global de Iniciativas Científicas Milenio (ICM), cuyo objetivo es promover la investigación científica y tecnológica de los países subdesarrollados, con igualdad de circunstancias de infraestructura y recursos que en los países desarrollados. En dichos acuerdos, la nanotecnología se considera como un área estratégica para conformar la transición hacia la economía del conocimiento de los países menos desarrollados .

Un acuerdo reciente y pionero en toda Latinoamérica realizado entre México y Estados Unidos (específicamente entre el Tecnológico de Monterrey y el Instituto Tecnológico de Massachusetts), se realizó en el 2014, para el desarrollo conjunto de proyectos de investigación en nanotecnología y nanociencias .



VIII. Conclusiones y nueva agenda de la investigación.

Finalmente, tras haber presentado el ecosistema de la nanotecnología tanto en México como en Latinoamérica a través de los diversos rubros evaluados, es posible observar que se mantiene una tendencia con mayores aportes e investigaciones por parte de Brasil, México y Argentina; con ello podemos concluir que estos países tienen el potencial de servir como guía y soporte para que el resto de países latinoamericanos aumenten su desarrollo en el área de la nanotecnología.

Sin embargo, es importante destacar la importancia de la falta de capital destinado a los fondos y estímulo dirigidos al desarrollo tecnológico en esta área en México y en la región latinoamericana para así poder lograr diseñar proyectos estratégicos orientados a ciertos sectores y aplicaciones que junto con una cooperación intercontinental más amplia permitan establecer un nuevo ecosistema de tecnología de alta gama con proyectos e investigación de calidad que así puedan entrar a las cadenas de valor para crear un sistema redituable en que la nanotecnología sea esencial.

Si bien la actividad de investigación en nanotecnología comenzó a implementarse en América Latina en la década de 1990, la implementación de políticas y programas dedicados relacionados con la nanotecnología es un fenómeno más reciente y que tiene que progresar, ya que aún no se conocen con certeza todos los riesgos y el alcance que puede llegar a tener, así mismo, las políticas que presentan preferencia al número de publicación de artículos sobre la calidad de estos mismo mantendrá estancado dicho desarrollo científico en términos de utilidad. Aun así, no hay que desprestigiar de ninguna manera los avances realizados por parte de México y Latinoamérica hasta el día de hoy, puesto a que pese a los diversos estragos y dificultades que estos países tienen por defecto en cuestiones de inversión e infraestructura, los logros y calidad del cuerpo académico con los que cuenta, como se mostró en el presente trabajo presentan un enorme potencial para la nanotecnología del futuro.



PARTIDO ACCIÓN NACIONAL

El Congreso haciendo uso de su facultad para legislar en materia de ciencia, deberá encabezar las acciones legislativas para armonizar el marco regulatorio y que no sean esfuerzos aislados todos los avances académicos en la materia. Se debe de repensar la estructura que actualmente está dispersa de manera institucional y buscar sinergia entre instituciones como el CONACYT, la Secretaría de Economía a través de la CENAM (Centro Nacional de Metrología) y todas las instituciones académicas que actualmente realizan investigación para que a través del ejercicio al derecho humano de la ciencia podamos tener acceso a un mayor índice de desarrollo humano como país.



IX. Bibliografía.

- [1] <https://es.unesco.org/fieldoffice/montevideo/DerechoALaCiencia>
- [2] Foladori, Guillermo. (2016). Políticas Públicas en Nanotecnología en América Latina. *Problemas del desarrollo*, 47(186), 59-81.
- [3] Nanociencia y nanotecnología: Panorama actual de México/ Álvarez Mayra et al; editor Takeuchi, N: UNAM, Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencia y Humanidades: Centro de Nanociencias y Nanotecnología, 2011. 274p.-(Biblioteca aprender a aprender)
- [4] Véase Informe de Actividades del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo en México. *Desarrollo Humano para vivir mejor*. p. 16.
- [5] El Concepto de Desarrollo Humano, su importancia y aplicación en México. *Estudios sobre Desarrollo Humano PNUD México No 2003 -1*. p. 35.
- [6] Informe sobre Desarrollo Humano 1990, Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, Oxford University Press, Colombia, 1990, pág. 33.
- [7] Gascón Abellan, Marina. “La Teoría General del Garantismo (a propósito de la obra de L. Ferrajoli Derecho y Razón)”. Universidad Castilla – La Mancha. p. 195
- [8] GUERRERO, Omar. *Políticas públicas: Interrogantes*. Revista de Administración Pública, Políticas públicas. Instituto Nacional de Administración Pública, A.C No.84.
- [9] BARDACH, Eugene. Los ocho pasos para el análisis de Políticas Públicas. Un manual para la práctica. CIDE, Miguel Ángel Porrúa, primera edición marzo 1998. P.143
- [10] Kaur, Mandeep, K. Kamal, K. et al & (2015). Nanotechnology: A Review. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/289871657_Nanotechnology_A_Review
- [11] Salew, T. (2020) Nanomaterials: classification and properties. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352186420313675>
- [12] Nemirovsky, A. & Audebert, F. et al (2010). Nanoscience and Nanotechnology in Latin America. *IJNMC*. 2. 38-76. 10.4018/978-1-61692-006-7.ch021.
- [13] Foladori, G., Arteaga, E. et al. (2017) La política pública de nanotecnología en México. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad - CTS* [en línea]. 12(34), 51-64. ISSN: 1668-0030.



[14]

[https://fundar.org.mx/pef2022/todavia-no-es-suficiente-presupuesto-a-ciencia-y-tecnologia-en-el-proyecto-de-presupuesto-de-egresos2022/#:~:text=Lo%20anterior%20lo%20podemos%20comprobar,\(54%20mil%20508%20millones\).](https://fundar.org.mx/pef2022/todavia-no-es-suficiente-presupuesto-a-ciencia-y-tecnologia-en-el-proyecto-de-presupuesto-de-egresos2022/#:~:text=Lo%20anterior%20lo%20podemos%20comprobar,(54%20mil%20508%20millones).)

[15] Proméxico (2018). El mundo de la nanotecnología. Situación y prospectiva para México. Recuperado de: <https://ethic.com.mx/docs/estudios/El-mundo-nanotecnologia-Situacion-prospectiva-Mexico.pdf>

[16] Kay, L., Shapira, P. Developing nanotechnology in Latin America. *J Nanopart Res* 11, 259–278 (2009). <https://doi.org/10.1007/s11051-008-9503-z>

[17] Unidad de Inteligencia de Negocios. (s.f.). El mundo de la nanotecnología situación y prospectiva para México. Obtenido de Ethic: <http://ricaxcan.uaz.edu.mx/jspui/bitstream/20.500.11845/263/1/24Patentes%20y%20nano%20MX.pdf>

[18] Hadzima, J. (s.f.). The Importance of Patents: It Pays to Know Patent Rules. Obtenido de MITSloan: <http://web.mit.edu/e-club/hadzima/the-importance-of-patents.html>

[19] World Intellectual Property Organization. (s.f.). Patentscope. Obtenido de Wipo IP Portal: https://patentscope.wipo.int/search/en/result.jsf?_vid=P10-KKM8C6-45482

[20] Foladori, G. (2016). POLÍTICAS PÚBLICAS EN NANOTECNOLOGÍA EN AMÉRICA LATINA. *Problemas Del Desarrollo*. <https://doi.org/10.1016/j.rpd.2016.03.002>

[21] Arteaga, E., Záyago. Parker, R., & Leos, V. et al (2017). Nanotechnology public policies in Mexico. *Revista Iberoamericana de Ciencia Tecnología y Sociedad*

[22] Muñoz, A. J. (s.f.). La nanotecnología en México. Obtenido de erevistas: <http://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/cuadfront/article/viewFile/1913/1682>

[23] Záyago L. E., Foladori G., Villa V. L., P. Appelbaum R. y Arteaga F. R. (2015) Análisis Económico Sectorial de las Empresas de Nanotecnología en México. Instituto de Estudios Latinoamericanos. ISSN: 1989-8819.

[24] PROMÉXICO (2012) Estudio de Diagnóstico y Prospectiva de la Nanotecnología. Obtenido de: http://www.20062012.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/Estudios/Diagnostico_y_Prospectiva_Nanotecnologia_Mexico.pdf

[25] Clúster nano (2019) Avances en el Ecosistema de Nanotecnología de Nuevo León. Obtenido de: <http://clusternano.com/index.php/nosotros>



[26] Záyago-Lau, E., & Foladori, G. (2010). La nanotecnología en México: un desarrollo incierto. Economía Sociedad Y Territorio. Obtenido de: <https://doi.org/10.22136/est002010155>

[27] Red Internacional de Bionanotecnología. (2018). RedIntBionano. <https://www.redinternacionaldebionanotecnologia.org/#:%7E:text=La%20Red%20Internacional%20de%20Bionanotecnolog%C3%ADa,la%20alimentaci%C3%B3n%20y%20la%20bioseguridad.>

[28] NanoFAB Red de Investigación en Nanotecnología. (2018). Red Investigación para el Desarrollo y Transferencia Tecnológica – Fordecyt 272894. <http://www.rednanofab.com/>

Otras fuentes consultadas

Spintronics Corporation. (s. f.). Sinergias Empresariales que Inspiran. Obtenido de: <https://spintronics.negocio.site/>

Spintronics Corporation. (s. f.). Spintronix Corporation. Obtenido de: <https://mx.linkedin.com/company/spintronics-mexico>

Carbomex – Investigación y producción de nanomateriales. (s. f.). Carbomex. Obtenido de: <https://www.carbomex.mx/wp/>

My Press (s.f.) Sinanotox: Nanotecnología con responsabilidad. Obtenido de: <https://www.mypress.mx/tecnologia/sinanotox-nanotecnologia-con-responsabilidad-2399>

Cv, I. S. A. (s. f.). Interlub | Lubricantes industriales de alta especialidad. Interlub. Obtenido de: <https://interlub.com/>

Nano Tec México con lo mejor de la Nanotecnología. (s. f.). Nano Tec México. Obtenido de: <http://www.nanotecmexico.com/>

Nanotecnología textil: El cambio que mejorará al sector salud. (2021). Anáhuac México. Obtenido de: <https://www.anahuac.mx/mexico/noticias/Nanotecnologia-textil>

Graphenemex (s.f.) Nosotros. Obtenido de: http://graphenemex.com/es/about_us/

KUO. (s.f.) Somos KUO. Obtenido de: <https://kuo.com.mx/somos-kuo>

Nanotechnology Companies – Mexico, page 1. (2021). Nanowerk. Obtenido de: https://www.nanowerk.com/nanotechnology/nanomaterial/commercial_country.php?country=Mexico

Oropeza A. (2021) Nanotecnología impulsa la industria del futuro. Mexico Industry. Obtenido de: <https://mexicoindustry.com/noticia/nanotecnologia-impulsa-la-industria-del-futuro>



PARTIDO ACCIÓN NACIONAL

Záyago Lau, Edgar, Foladori, Guillermo, Appelbaum, Richard P., & Arteaga Figueroa, Edgar Ramón. (2013). Empresas nanotecnológicas en México: hacia un primer inventario. *Estudios sociales* (Hermosillo, Son.), 21(42), 9-25. Obtenido de

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-45572013000200001&lng=es&tlng=es

Nanowerk (2021). Nanotechnology Commercial Organizations – Directory. Obtenido de: https://www.nanowerk.com/nanotechnology/nanomaterial/commercial_country.php?country=Mexico

The Nanodatabase (2013). Search Database. Obtenido de: https://nanodb.dk/en/search-database/#pageno=&keyword=&kst=0&fn.lp_cop=5721&fn.lp_cop=7082&fn.d_cd_f=&fn.d_cd_t=

PROMÉXICO (2012) Estudio de Diagnóstico y Prospectiva de la Nanotecnología. Obtenido de: http://www.2006-2012.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/Estudios/Diagnostico_y_Prospectiva_Nanotecnologia_Mexico.pdf

Cluster nano (2019) Avances en el Ecosistema de Nanotecnología de Nuevo León. Obtenido de: <http://clusternano.com/index.php/nosotros>

Záyago-Lau, E., & Foladori, G. (2010). La nanotecnología en México: un desarrollo incierto. *Economía Sociedad Y Territorio*. Obtenido de: <https://doi.org/10.22136/est002010155>

Red Internacional de Bionanotecnología. (2018). RedIntBionano. <https://www.redinternacionaldebionanotecnologia.org/#:%7E:text=La%20Red%20Internacional%20de%20Bionanotecnolog%C3%ADa,la%20alimentaci%C3%B3n%20y%20la%20bioseguridad.>

NanoFAB Red de Investigación en Nanotecnología. (2018, 28 septiembre). Red Investigación para el Desarrollo y Transferencia Tecnológica – Fordecyt 272894. <http://www.rednanofab.com/>

Instituto Politécnico Nacional. (s. f.). *Red de Nanociencias y Micronanotecnologías*. Portal del Instituto Politecnico Nacional. Recuperado 2021, de <https://www.ipn.mx/coriyp/redes/red-de-nanociencia-y-micronanotecnologia/#mision-vision>



PARTIDO ACCIÓN NACIONAL

NANOTECH Laboratorio Nacional de Nanotecnología. (s. f.). ntch.cimav.edu.mx/. Recuperado 2021, de <https://ntch.cimav.edu.mx/>

LabUNAM - LABORATORIO UNIVERSITARIO DE NANOTECNOLOGÍA AMBIENTAL. (s. f.). labunam.unam.mx. Recuperado 2021, de <http://labunam.unam.mx/micrositios/LUNA/antecedentes.php?il=MTg3>

Sociedad Mexicana de Física, División de Nanociencias. (s. f.). [smfdinano.mex](http://smfdinano.mex.tl/). Recuperado 2021, de <http://smfdinano.mex.tl/>

S/A (2016, 28 mayo). *Nanotech, la vanguardia en nanotecnología en México.* Mi Patente. <https://www.mipatente.com/nanotech-la-vanguardia-en-nanotecnologia-en-mexico/>

Centro Virtual Brasileño-Mexicano de Nanotecnología. (s. f.). cbmnano.cimav.edu.mx. Recuperado 2021, de <http://cbmnano.cimav.edu.mx/acerca/>

Fundamentos y propósito. (s. f.). relans.org. Recuperado 2021, de <http://relans.org/Fundamentosprop.html>

Plentz, F., & Fazzio, A. (2013). Considerações sobre o Programa Brasileiro de Nanotecnologia. *Ciência e Cultura*, 65(3), 23-27. <https://doi.org/10.21800/s0009-67252013000300010>

Fundación Argentina de Nanotecnología. (2020, 16 diciembre). *Fundación Argentina de Nanotecnología.* <https://www.fan.org.ar/>

PROGAMA de NANOMEDICINAS. (s. f.). [nanomedicinas](http://www.nanomedicinas.unq.edu.ar/about.html). Recuperado 2021, de <http://www.nanomedicinas.unq.edu.ar/about.html>

Centro Argentino-Brasileño de Nanociencias y Nanotecnología. (2021, 25 enero). [Argentina.gob.ar](https://www.argentina.gob.ar/ciencia/cooperacion-internacional/bilateral/centros/cabnn). <https://www.argentina.gob.ar/ciencia/cooperacion-internacional/bilateral/centros/cabnn>

Red de Pesquisa. (2002). *Materiales nanoestructurados.* [if.ufrgs.br](http://www.if.ufrgs.br/~israel/index1.html). <http://www.if.ufrgs.br/~israel/index1.html>



PARTIDO ACCIÓN NACIONAL

Foladori, G. & Invernizzi, N. (2011). Implicaciones sociales y ambientales del desarrollo de las nanotecnologías en América Latina y el Caribe. ReLANS.(Red Latinoamericana de Nanotecnología y Sociedad). Zacatecas, México y Curitiba, Brasil. IPEN.

Nanobiotec - Rede Nacional de Nanobiotecnologia. (s. f.). nanobiotec.iqm.unicamp.br. Recuperado 2021, de <http://www.nanobiotec.iqm.unicamp.br/>

Grupo de Nanomateriais e Cerâmicas Avançadas. (2019, 8 abril). Portal IFSC. https://www2.ifsc.usp.br/portal-ifsc/grupo-de-crescimento-de-cristais-e-materiais-ceramicos/?rowid_grupo=23

Grupo de Nanomedicina e Nanotoxicologia. (2018, 23 octubre). Portal IFSC. https://www2.ifsc.usp.br/portal-ifsc/grupo-de-nanomedicina-e-nanotoxicologia/?rowid_grupo=1546

Silva, D. E. F. (2004, 1 agosto). *3rd Workshop on Semiconductor Nanodevices and Nanostructured Materials (NanoSemiMatâ3).* Wiley Online Library. <https://www.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/pssc.200490020>

Centro para el Desarrollo de la Nanociencia y la Nanotecnología. (s. f.). Universidad de Santiago de Chile. Recuperado 2021, de <https://www.usach.cl/cedenna>

Misión – RedNanoColombia. (s. f.). RedNano Colombia. Recuperado 2021, de <http://rednanocolombia.org/mission-2/>

Nanotecnologia en Colombia. (s. f.). Nano Colombia. Recuperado 2021, de <https://nanotech-col.blogspot.com/p/nanotecnologia-en-colombia.html>

IMRE. (2019, 6 noviembre). Universidad de la Habana. <http://www.uh.cu/centros-de-estudios-e-investigaciones/ictm>

Zerpa, P. T. (2016). *La Nanotecnología en El Perú.* Scribd. <https://es.scribd.com/document/334327439/La-Nanotecnologia-en-El-Peru>

Las nanotecnologías en Uruguay. (2014). Issuu. https://issuu.com/eiudelar/docs/5286_nanotecnolog__as



Red Venezolana de Nanotecnología Estudiantes ULA. (s. f.). Red Estula. Recuperado 2021, de <http://redvnanoeestula.blogspot.com/p/nosotros.html>

Revista Mundo Nano. (s. f.). UNAM en línea. Recuperado 2021, de <https://www.unamenlinea.unam.mx/recurso/81819-revista-mundo-nano>

Cervantes, T. (s. f.). *Revista MCyN / Nosotros.* Revista MCyN. Recuperado 2021, de <http://www.revistamcyn.mx/nosotros/>

Zayago Lau, Edgar, Foladori, Guillermo, & Rushton, Mark. (2009). Nanotecnología y los enclaves del conocimiento en Latinoamérica. *Estudios sociales (Hermosillo, Son.)*, 17(34), 327-348. Recuperado en 01 de febrero de 2021, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-45572009000200014&lng=es&tlng=es.

Anderson, B. (2014). *El «Tec», el MIT y la nanotecnología.* Muy Interesante. <https://www.milenio.com/opinion/barbara-anderson/nada-personal-solo-negocios/el-tec-el-mit-y-la-nanotecnologia>