

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

Proyecto Conacyt
Ciencia de Frontera 2019 No. 304320
<https://relans.org/>



Resumen ejecutivo

Durante las primeras dos décadas de este siglo se ha visto un crecimiento exponencial de las tecnologías convergentes. Es ampliamente aceptado que las nanotecnologías modificarán y desplazarán procesos tecnológicos convencionales.

México ha acompañado estas innovaciones y, según datos cuantitativos, se ubica en segundo lugar en América Latina. Estudios parciales indican que el desarrollo de las nanotecnologías en México no ha seguido ningún plan que permita potenciar los recursos y encaminar las investigaciones y producción hacia objetivos prioritarios. El financiamiento público, aunque errático, ha consolidado varios centros de investigación. Se estima en centenas los investigadores e INEGI calcula en 200 las empresas que producen con nanotecnología. El crecimiento ha sido desordenado, y es parte de una política neoliberal y de derecho que deja a las voluntades individuales libertad para presionar políticamente, sujetándose a los mandatos del mercado.

No existe un monitoreo de estas tecnologías, tampoco un sistema de información que permita elaborar un plan que determine prioridades estratégicas a partir de potencialidades existentes, y que acompañe los avances a escala internacional tanto en términos tecnológicos y de mercado como de seguridad a trabajadores y medio ambiente. La propuesta pretende llenar parte de esta laguna, realizando un diagnóstico de la situación actual de las nanotecnologías en México, haciendo un estudio en profundidad sobre un sector (e.g. energías limpias, medicina), planteando las potencialidades del desarrollo y atendiendo a las prioridades de la política nacional.

Las siguientes preguntas y su alcance reflejan las preocupaciones teóricas más generales de la investigación, y son utilizadas como marco de fondo para homogeneizar el equipo interdisciplinario para establecer parámetros en el análisis de los datos:

1. ¿Cuál es el grado de desarrollo de la investigación de las nanotecnologías en México? Infraestructura y equipo de investigación, cantidad y calidad de investigadores, líneas de investigación, redes de investigación, derechos de propiedad intelectual, capacidad de formación de investigadores, nivel y tipo de divulgación científica, financiamiento público.

2. ¿Cuál es el lugar que ocupan los productos en el mercado mexicano por sector económico y lugar en la cadena de producción? Empresas productoras por sector económico, principales productos lanzados al mercado. Principal nano-materia prima utilizada y/o productos intermediarios.

3. ¿Cuál es el contexto jurídico y de lineamientos de gobernanza? Lugar del principio de precaución, de la responsabilidad ampliada del productor y de la transparencia en la información.

El equipo de investigación tiene vastos antecedentes en investigaciones parciales sobre la temática y forma parte de algunas redes nacionales e internacionales de investigación en nanotecnologías. Se trata de un equipo interdisciplinario (economistas, antropólogos, sociólogos y politólogos, ingenieros, físicos, químicos) con orientación prioritaria en ciencias sociales.

Resultados esperados: diagnóstico de la situación de las nanotecnologías en México, incluyendo potenciales sinergias e integración vertical. Señalamientos y propuestas de políticas tendiente a contemplar la planificación del desarrollo de las nanotecnologías acorde con las prioridades nacionales de desarrollo.

Objetivo general

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

Las nanotecnologías, que están en el centro de las nuevas tecnologías convergentes, se han desarrollado en México sin un plan nacional que las articule a las prioridades del desarrollo. Como resultado, han tenido un crecimiento desordenado y ausente de regulaciones, desperdiciando una oportunidad para el desarrollo nacional y los sectores involucrados. La revisión y análisis de ese crecimiento, el señalamiento de potenciales sinergias y ausencias frente al contexto internacional, y la relación con prioridades y principios de los planes nacionales de desarrollo son el objetivo general del proyecto.

Objetivos específicos por etapa

ETAPA I

Descripción general: a) formación y homogeneización del grupo de investigación a partir del marco conceptual y teórico, protocolos de investigación y presentación de resultados; b) división del trabajo entre los miembros del grupo según tareas; c) establecimiento de un cronograma con tareas, participantes y resultados esperados; d) captura de información según temática (que incorpora trabajo de escritorio y trabajo de campo); e) elaboración de página web.

Objetivo: Capacidades en investigación y desarrollo, comunicación y gobernanza. Estado de la investigación y desarrollo (infraestructura y equipo), investigadores en cantidad y calidad, centros de investigación y universidades, capacitación científica, experiencias

de comunicación de la ciencia, gobernanza (regulaciones oficiales y lineamientos internacionales y gubernamentales tanto públicos como privados).

ETAPA 2

Descripción general: Trabajo de campo y sistematización de información correspondiente al segundo objetivo específico (industria y mercado).

Objetivo: Industria y mercado de nanotecnologías. Clasificación de empresas y principales productos; ubicación del producto por sectores económicos (según clasificación ONU-ISC-4), ubicación del producto en cadena de producción (LuxResearch) (materia prima, productos intermedios, productos finales, instrumentos y medios de producción).

ETAPA 3

Descripción general: Dicha fase está plenamente destinada a la presentación de resultados ante diversos públicos y la retroalimentación

Objetivo: Confrontación de resultados preliminares con el público y retroalimentación. Los resultados de la investigación serán presentados en diferentes modalidades de producto. Serán identificados sectores clave para la presentación y mecanismos de retroalimentación y corrección. Los sectores incluyen ONG, y sindicatos, investigadores, políticos y organizaciones empresariales.

Antecedentes

Las nanotecnologías constituyen un conjunto de conocimientos y técnicas mediante los cuales se crea, manipula y visualizan objetos y dispositivos en escala nanométrica ($1\text{nm} = 10^{-9}$). A esta escala la materia presenta propiedades físico-químicas y toxicológicas específicas, diferentes a las observadas en tamaño mayor (Royal Society & Royal Academy of Engineering, 2004). El oro, por ejemplo, que es un mineral noble y no reactivo, se vuelve reactivo en nanoescala, y se utiliza como sensor de líquidos y gases y en dispositivos, inclusive dentro del cuerpo humano. La investigación en nanotecnologías despuntó luego de la invención de microscopios atómicos y electrónicos a finales de la década de 1980, lo cual permitió elaborar materia prima nanotecnológica con precisión, y dispositivos para el uso industrial.

Las nanotecnologías son un conjunto de tecnologías facilitadoras, que abarcan prácticamente todos los sectores económicos y permiten extender los efectos a toda la economía (Graham & Iacopetta, 2008; Tsuzuki, 2009). Las enormes potencialidades abiertas

por las propiedades de la materia en nanoescala indujeron a muchos países a elaborar programas públicos de apoyo. Los primeros fueron en China, Reino Unido y Estados Unidos. Ellos fueron emulados en el resto de los países desarrollados y muchos en vías de desarrollo. Según BBC Research el Mercado global de los productos de las nanotecnologías fue evaluado en 39.2 mil millones de dólares en 2016, esperando que alcance los 64.2 mil millones en 2019 y más de 90 mil millones en 2021, una tasa de crecimiento espectacular (BCC Research, 2016). Otros desarrollos tecnológicos convergentes de actualidad incluyen avances nanotecnológicos, como la biología sintética y la llamada «industria 4.0»; en ambos casos los nanosensores son clave.

El desarrollo de las nanotecnologías fue considerado prioritario en el Programa Especial de Ciencia y Tecnología de 2001 de México (Conacyt, 2001). Durante la segunda década se financiaron laboratorios nacionales (Conacyt, 2006), una red de investigación, y se firmaron varios convenios internacionales (Conacyt, n/d, 2006).

Los datos disponibles sobre actividades de nanotecnología en el país son fragmentarios. La escasez de información oficial dificulta y condiciona el avance de la investigación y la producción en el sector, así como políticas integradas. No existen datos sistemáticos sobre el financiamiento a las nanotecnologías, aunque esta información puede ser rastreada, a través de los informes de proyectos de Conacyt. INEGI ha realizado dos estimaciones sobre la producción con nanotecnologías en empresas de 50 empleados y más, siguiendo sugerencias de la OCDE. Los últimos datos identifican más de 190 empresas (INEGI, 2014). Los mejores esfuerzos de sistematización de información fueron realizados por la Red Latinoamericana de Nanotecnología y Sociedad RELANS). Así, por ejemplo, en relación a empresas que incorporan nanotecnología en sus procesos o productos RELANS presentó los resultados preliminares en colaboración con el Cinvestav (véase la página web Nanoeconomía en México (<http://micrositios.cinvestav.mx/nano/>); y también en los resultados del Proyecto UCMexus-Conacyt 2014-2016 (Appelbaum *et al.*, 2016).

El gobierno no ha regulado la investigación y desarrollo de las nanotecnologías, ni la producción y comercialización. Por lo tanto, la orientación de la investigación no acompaña las prioridades de las políticas nacionales. Tampoco existen protocolos de manipulación de nanomateriales, con los consecuentes riesgos asociados (Foladori, 2016). El gobierno tampoco ha regulado la producción y mercado de los productos de las nanotecnologías. Con ello deja al mercado la libertad de colocar productos de las nanotecnologías sin ninguna protección para trabajadores y consumidores, lo cual es de alto riesgo, si se considera que varios de los materiales más usados como materia prima resultan tóxicos para la salud humana y el ambiente (Foladori & Invernizzi, 2019). Esta falta de regulación también permite que productos de la nanotecnología sean importados sin control, al

tiempo que dificulta la exportación a mercados más exigentes por no existir protocolos de producción.

El gobierno ha emitido lineamientos voluntarios, a partir de una agenda estadounidense tendiente a homogeneizar criterios para facilitar el comercio internacional. Estos lineamientos fueron elaborados bajo la dirección de la Secretaría de Economía y responden a una visión económica neoliberal que evade los problemas antes expuestos (Foladori & Zayago, 2014; SE, n.d.).

México ha participado en varios acuerdos internacionales con representación oficial, y se ha comprometido a llevarlos adelante. Son de particular relevancia los acuerdos del Strategic Approach to International Chemical Management (SAICM), aunque no los ha aplicado.

No existe un sistema de monitoreo de las investigaciones y/o producción de nanotecnología. Varios países europeos están exigiendo declaraciones sistemáticas a las empresas que trabajan con nanotecnología, con lo cual México queda rezagado respecto de las tendencias internacionales de vanguardia, y pone en jaque la posibilidad de exportar sus productos en el futuro. Existen varias metodologías que se han creado en las últimas décadas para dar seguimiento a nuevas tecnologías en su desarrollo en tiempo real, por ejemplo, «evaluación de tecnologías en tiempo real» (real-time technology assessment), propuesta por Guston y Sarewitz (2002), o «evaluación constructiva de tecnologías» (constructive technology assessment) por Rip (Rip & te Kulve, 2008). Esto es parte de la convicción de que la evaluación de las políticas de ciencia y tecnología y el surgimiento de tecnologías emergentes y sus efectos sociales deben ser acompañados y retroalimentados a lo largo de su desarrollo.

La economía mundial se estructura crecientemente en cadenas de producción globales y las empresas nacionales se insertan con ventaja o marginalmente en estas cadenas, lo cual es decisivo para el desarrollo (Gereffi & Fernandez-Stark, 2011). México no ha tenido ninguna política de integración de las nanotecnologías en proyectos estratégicos para el desarrollo nacional y que articulen verticalmente las cadenas de producción. La parte de este proyecto correspondiente a industria y mercado sigue de cerca la investigación realizada para las empresas de nanotecnología en el estado de California en los Estados Unidos. La autora de tal estudio, la doctora Frederick (n.d.) ofreció un taller de capacitación de la metodología en Brasil en 2015, en el cual participó el responsable técnico de este protocolo y tres integrantes más de ReLANS. El responsable técnico de este proyecto y varios de los investigadores son miembros de ReLANS, y han publicado numerosos trabajos científicos y de divulgación sobre el tema.

Descripción

Razones por las cuales la investigación contribuye al avance en la frontera del conocimiento según ítems clave:

El tema. Las nanotecnologías constituyen un notable avance contemporáneo en ciencia y tecnología, al explotar las propiedades físico-químicas de la materia en tamaño nano. Sus productos están presentes en todos los sectores económicos, inclusive en México. Se trata de nuevas tecnologías que han ganado su lugar en la esfera científico-técnica internacional, y están presentes en México en investigación y desarrollo de instituciones públicas y privadas, y en productos en el mercado de origen nacional e importado. Las nanotecnologías están ligadas a la automatización integrada (e.g. revolución industrial 4.0) mediante sensores con nanodispositivos y conexión a la Big Data.

Contexto político-económico. En México existen numerosos centros de investigación públicos y privados, y cientos de investigadores que trabajan en diversos aspectos de la investigación básica y aplicada de las nanotecnologías. Varios de estos centros de investigación están equipados con tecnología sofisticada, y que emplea para fines propios y como servicio para empresas privadas y otros centros de investigación y académicos. También hay decenas de cursos superiores de formación de científicos y técnicos en el área. Varias empresas han incorporado materia prima con componentes nanotecnológicos en su producción. Algunas de ellas son corporaciones transnacionales que venden sus productos al mercado interior y exterior. Según diversos indicadores científicos México se encuentra en segundo lugar en desarrollo de las nanotecnologías en América Latina, después de Brasil. A la fecha el crecimiento de las nanotecnologías en México ha seguido un camino desordenado y desregulado, perdiendo la oportunidad de encauzar su desarrollo dentro de los principios y prioridades de los planes nacionales. Este proyecto se constituye en la base de un plan nacional de desarrollo de las nanotecnologías que siga prioridades estratégicas, que integre verticalmente la producción y que acompañe el desarrollo de los principios de gobernanza más avanzados a escala internacional.

Metodología. Las nanotecnologías constituyen tecnologías convergentes que incorporan ciencias físico-químicas con biológicas e ingenieriles. Este proyecto agrega una visión social, que es novedosa en el contexto de las investigaciones de nanotecnología; para esto interpela el camino de desarrollo de las nanotecnologías a partir de una serie de preguntas acorde con preocupaciones nacionales de desarrollo y de su orientación política actual. Las principales de estas preguntas son: ¿cuál es el grado de control nacional de procesos productivos que incorporan nanotecnología y cuáles las potencialidades?; ¿qué posibilidades de avanzar en ciencia y tecnología para ampliar las capacidades de control vertical

de las cadenas de producción?; ¿quiénes son los potenciales beneficiarios del desarrollo de las nanotecnologías tanto por la acción gubernamental como por su omisión?; ¿en qué aspectos México podría ajustar medidas regulatorias y de orientación de las nanotecnologías a partir de experiencias de países más desarrollados?; ¿cuál es la importancia de reivindicar principios generales de incorporación de la sociedad organizada a decisiones de ciencia y tecnología en relación con nanotecnologías, como es el caso del principio de precaución, de la responsabilidad del productor, y de la transparencia en la información para consumidores y trabajadores?

Preocupación social. Existe una vasta discusión internacional sobre los potenciales riesgos a la salud y el ambiente de los nanomateriales. También existe controversia sobre cómo regular las nanotecnologías, debido a que los nanomateriales manifiestan toxicidad diferente a los mismos materiales en tamaño mayor. No existe en México una base de datos sobre los principales nanomateriales utilizados, ni trayectoria en el ámbito regulatorio. La Organización Internacional de Normalización (ISO), que representa una organización privada corporativa, ha tomado la delantera en México estableciendo normas industriales voluntarias. Tampoco hay en México una preocupación por transparencia en la información de nanomateriales, de manera que trabajadores y consumidores no están informados de lo que manipulan ni consumen, como tampoco lo están organizaciones ambientalistas preocupadas por los efectos de las nanopartículas en los ecosistemas. El proyecto busca destacar los principales aspectos de esta controversia y los alcances de las propuestas internacionales al respecto.

En su conjunto, el proyecto ofrece elementos clave para una política de nanotecnología en México a partir de una visión crítica, alineada a un desarrollo nacional, y acorde con principios de autonomía, equidad y participación social en beneficio del desarrollo de la ciencia y tecnología para la satisfacción de los sectores más necesitados y las áreas prioritarias. Los resultados del proyecto serían la base para un sistema de monitoreo del desarrollo de las nanotecnologías en el ámbito nacional, lo cual es imprescindible para cualquier política sobre el tema.

Hipótesis

De continuar la trayectoria tecnológica de los últimos 20 años, las nanotecnologías en México perderán la oportunidad de apoyar las áreas nacionales prioritarias con tecnologías de amplio espectro y gran alcance. Lo anterior, debido a que han crecido de manera desordenada y sin un plan de prioridades, impulsadas por una política neoliberal que

menospreció la consolidación de las nanotecnologías en cadenas de producción con control nacional, y que descuidó criterios de compromiso social, como la precaución, la responsabilidad del productor y la transparencia en la información, todos ellos clave para la seguridad del productor, de los trabajadores y de los consumidores, y una garantía para la competitividad internacional.

La alternativa radica en encauzar el potencial nanotecnológico mexicano hacia sectores y áreas prioritarias, mediante un plan de desarrollo ajustado a las políticas nacionales estratégicas, y contemplando regulaciones en sus procesos de investigación y desarrollo, así como de producción y mercado que se inscriban dentro de los principios más avanzados a escala internacional, que suponen la transparencia en la información por parte de productores, protocolos de seguridad en la investigación, y el principio de precaución aplicado a los riesgos a la salud humana y el ambiente.

El proyecto tiene un marco teórico y metodológico general, y metodologías y técnicas apropiadas para cada uno de los tres objetivos específicos

Metodología

El proyecto tiene un marco teórico y metodológico general, y metodologías y técnicas apropiadas para cada uno de los tres objetivos específicos

Marco teórico y metodológico general

1. El marco teórico y los supuestos metodológicos más generales son la crítica de la economía política (Marx). Fueron seleccionados dos supuestos que permiten aplicar el marco teórico y metodológico general al caso de estudio. El primer supuesto es el carácter de clase de la tecnología. Esto significa que ningún desarrollo tecnológico es neutro, sino que obedece a una trayectoria que incorpora intereses de clase. Algunos ejemplos para el caso son: la política de empresas y muchos gobiernos y organizaciones internacionales de soslayar los potenciales riesgos de los nanomateriales a trabajadores, consumidores y al ambiente es un ejemplo contundente, y esto ha sido una constante en las últimas dos décadas en la mayoría de los países, incluyendo los de América Latina (Foladori, 2012; Foladori & Záyago-Lau, 2014), y está presente en cada nuevo capítulo de las reglamentaciones (Foladori & Invernizzi, 2019). Otro ejemplo es el privilegio dado en los procesos de Research & Development al potencial beneficio económico de las aplicaciones nanotecnológicas que sólo excepcionalmente incorporan en los protocolos el principio de precaución. Aun otro

ejemplo son las teorías y políticas públicas sobre innovación, que en su mayoría incluyen el papel del gobierno, de las empresas y de los científicos, dejando de lado a los grupos que son los más proclives a sufrir los riesgos, como son los consumidores y trabajadores. Otra manera de constatar el carácter de clase de la tecnología es una tendencia intrínseca a las relaciones capitalistas: la profundización de la especialización que va depositando en la tecnología el conocimiento científico, de manera que los investigadores y científicos requieren tener mayor especialización en aspectos puntuales dejando a los computadores, la modelización y los equipos la articulación de los desarrollos parciales. Esto es un hecho clarísimo en las nanotecnologías, donde los ingenieros y técnicos han pasado a ser más demandados que los físicos, químicos y biólogos. El resultado es la creciente tendencia de científicos a perder la visión de conjunto, y la necesidad de sujetarse a las restricciones financieras que evaden considerar resultados imprevistos que no son de interés empresarial. El segundo supuesto, de la crítica de la economía política estriba en la necesidad de analizar la realidad en sus múltiples determinaciones. De manera sucinta el enfoque lleva a considerar cada tema a partir de cuatro dimensiones: *a)* el nivel de desarrollo, para lo cual se requiere un enfoque comparativo en diferentes momentos; *b)* la expansión de tal desarrollo, tanto en el espacio como en los sectores de investigación y productivos; *c)* el ritmo o velocidad con que se ha llegado a un determinado nivel a través del tiempo; y, *d)* la percepción y grado de consciencia que los diferentes grupos sociales tienen.

2. Cada objetivo específico del proyecto requiere de metodologías apropiadas. Así, por ejemplo, todo lo que tiene que ver con aspectos jurídicos y de gobernanza son abordados mediante la sistematización y actualización de información de segunda mano y el análisis documental y de discurso.

Gran parte de los temas dentro del proyecto de investigación requieren de información de primera mano, además de la posible de ser recopilada de segunda mano. Para ello, entrevistas dirigidas a informantes clave serán utilizadas ampliamente.

Mucha de la información necesaria para establecer el nivel de desarrollo de las capacidades de Research & Development pasan por técnicas cuantitativas, a partir de bases de datos ampliamente utilizadas para estos fines (publicaciones científicas, redes de investigación, cantidad y porcentaje de científicos, patentes, etcétera) (Robles-Belmont, 2012; Robles-Belmont & Vinck, 2011).

En algunos casos es necesario agregar métodos específicos, en la medida en que los datos no reflejan los intereses de la investigación. Es el caso de las patentes, donde se requiere la utilización de los llamados *concordance systems* para establecer relaciones plausibles entre la potencial utilización de la patente por sectores económicos. Varios de los investigadores de este proyecto han realizado una investigación preliminar utilizando

el «DG concordance system, which is applied by the European Union Statistics Office, to nanotechnology research. This approach establishes a procedure to match patents according to their potential use in a nanotechnology value chain» (Foladori, Robles-Belmont, Arteaga-Figueroa, Appelbaum, & Zayago-Lau, 2018).

Para abordar la producción de mercancías con nanotecnología y su adscripción a sectores económicos y a la cadena de valor es necesario metodologías específicas. Los teóricos sobre las teorías y metodologías de cadenas de producción y cadenas de valor han sistematizado el procedimiento de rastrear la relación entre producto y la cadena de valor (Gereffi & Fernandez-Stark, 2011; Gereffi & Korzeniewicz, 1994). En este proyecto se emula la investigación sobre cadenas de valor de las nanotecnologías en el estado de California (Frederick, n.d.). La autora de tal estudio ofreció un taller de capacitación de la metodología en Brasil en 2015, en el cual participaron tres integrantes de RELANS que colaboran de este proyecto. Un avance preliminar de esta metodología fue aplicado para el caso mexicano entre investigadores de RELANS y del Cinvestav (Nanoeconomía en México -<http://micrositios.cinvestav.mx/nano/>), y formó parte del Proyecto UCMexus-Conacyt 2014-2016, en ambos casos con participación de investigadores de este proyecto.

Al momento de la presentación de los resultados parciales y finales una variedad de técnicas de diseño gráfico deberá acompañar los diferentes tipos de dato.

Resultados

1. Un diagnóstico actualizado sobre el estado de la investigación y desarrollo y la producción de nanotecnologías en México.
2. Una reflexión crítica sobre las políticas públicas y la regulación de las nanotecnologías que debe implementarse, para que estas tecnologías convergentes acompañen los planes nacionales de desarrollo y los principios sociales de las políticas públicas.
3. Una actualización de los avances en materia de regulación y gobernanza en los países más avanzados en la materia, así como la necesidad de su seguimiento y aplicación por México.
4. Una caracterización de las empresas y productos de las nanotecnologías en el mercado mexicano. Distribuidas por sector económico y plausible ubicación en la cadena de producción.
5. Materiales de divulgación para trabajo en educación formal e informal y para ONG y sindicatos. Especial atención se dará al trabajo en la administración pública y con políticos.

6. Capacitación de tres estudiantes de posgrado y de cuatro investigadores jóvenes en investigación y divulgación de nanotecnologías

Mecanismos para integrar los resultados en las líneas propuestas

1. Seminario inaugural con todos los participantes para una homogeneización del marco teórico y metodológico; y una puesta al día de los objetivos, contenidos y metas esperadas; para establecer la división interna del trabajo y responsabilidades en cantidad, cualidad y plazos.

2. Talleres cuatrimestrales de seguimiento de las actividades, ajuste metodológico y profundización teórica y técnica.

3. Invitación de stakeholders externos para etapas puntuales de la investigación.

4. Enseñanza y práctica de un sistema en línea de avances de investigación

5. Participación colectiva en la elaboración de artículos, capítulos de libro y libros, así como de presentación a congresos.

Acciones de apropiación social del conocimiento

La tercera etapa de la investigación tiene como actividad prioritaria la confrontación de los resultados preliminares de las dos etapas previas con diferentes públicos. Para ello se elaborarán diversos productos (artículos científicos y de divulgación, capítulos de libros); presentaciones para encuentros académicos; productos para la divulgación en la enseñanza, en ONG y sindicatos; y para la esfera política, de investigadores y de asociaciones de empresas.

Plan de trabajo

<i>ETAPA 1</i>	<i>Detalle</i>
Descripción general	a) Formación y homogeneización del grupo de investigación a partir del marco conceptual y teórico y protocolos de investigación y presentación de resultados; b) División del trabajo entre los miembros del grupo según tareas; c) establecimiento de un cronograma con tareas, participantes y resultados esperados; d) captura de información según temática (que incorpora trabajo de escritorio y trabajo de campo); e) elaboración de página web.
Objetivo	Capacidades en investigación y desarrollo, comunicación y gobernanza. Estado de la investigación y desarrollo (infraestructura y equipo), investigadores en cantidad y calidad, centros de investigación y universidades, capacitación científica, experiencias de comunicación de la ciencia, gobernanza (regulaciones oficiales y lineamientos internacionales y gubernamentales tanto públicos como privados).
Meta	Diagnóstico integrado de los temas correspondientes al objetivo específico
Actividad	Capacitación de miembros participantes; trabajo de campo y obtención de información; discusión y análisis, y organización de la información obtenida según el marco teórico y metodológico general; elaboración de página web para sistematización de información.
<i>Producto</i>	Base de datos
Responsables	G. Foladori, E. Robles-Belmont, L. Villa, M. García Guerrero, E. Záyago Lau, M. Anzaldo, A. García
Instituciones participantes	UAZ-UAED; UAZ-UAE; Colsan; UNAM-IMAS
<i>ETAPA 2</i>	<i>Detalle</i>
Descripción general	Trabajo de campo y sistematización de información correspondiente al segundo objetivo específico (industria y mercado).
Objetivo	Industria y mercado de nanotecnologías. Clasificación de empresas y principales productos; ubicación del producto por sectores económicos (según clasificación ONU-ISC-4), ubicación del producto en cadena de producción (LuxResearch) (materia prima, productos intermedios, productos finales, instrumentos y medios de producción).
Meta	Inventario de empresas de nanotecnología en México.
Actividad	Sistematización de información capturada y clasificada según metodología señalada para tal fin.

<i>Producto</i>	Base de datos
Responsables	G. Foladori, E. Záyago Lau, E. Arteaga Figueroa, A. García, S. León
Instituciones participantes	UAZ-UAED
<i>Producto</i>	Formación de grupos de investigación
Responsables	A. García
Instituciones participantes	UAZ-UAED
<i>ETAPA 3</i>	<i>Detalle</i>
Descripción general	Esta fase está plenamente destinada a la presentación de resultados ante diversos públicos y la retroalimentación.
Objetivos	Confrontación de resultados preliminares con el público y retroalimentación. Los resultados de la investigación serán presentados en diferentes modalidades de producto. Serán identificados sectores clave para la presentación y mecanismos de retroalimentación y corrección. Los sectores incluyen ONG, y sindicatos, investigadores, políticos y organizaciones empresariales.
Meta	Elaboración de materiales y discusión con diversos públicos.
Actividad	Artículos científicos y capítulos.
<i>Producto</i>	Artículo científico en revista indexada internacional
Responsables	G. Foladori, E. Záyago Lau, L. Villa, M. García Guerrero, M. Anzaldo, R. Robles Berumen, S. León
Instituciones participantes	UAZ-UAED; UAZ-UAE; Colsan
<i>Producto</i>	Artículos de divulgación
Responsables	S. León
Instituciones participantes	UAZ-UAED
<i>Producto</i>	Capítulo de libro científico
Responsables	E. Záyago-Lau
Instituciones participantes	UAZ-UAED
<i>Producto</i>	Ponencia
Responsables	E. Záyago-Lau; L. Villa; M. García Guerrero; E. Arteaga Figueroa; M. Anzaldo; R. Robles Berumen; A. García
Instituciones participantes	UAZ-UAED; UAZ-UAE; Colsan; UNAM-IMAS



<i>Producto</i>	Posdoctorado
Responsables	S. León
Instituciones participantes	UAZ-UAED
<i>Producto</i>	Tesis doctorado
Responsables	E. Arteaga-Figueroa
Instituciones participantes	UAZ-UAED
<i>Producto</i>	Otro
Responsables	G Foladori; E Robles-Belmont; L Villa; M García Guerrero; E Záyago Lau; M Anzaldo; S León; A García
Instituciones participantes	UAZ-UAED; Colsan; UAZ-UAE; UNAM-IMAS

Bibliografía

- Appelbaum, R., Zayago Lau, E., Foladori, G., Parker, R., Vazquez, L.L.V., Belmont, E.R., & Figueroa, E.R.A. (2016). Inventory of nanotechnology companies in Mexico. *Journal of Nanoparticle Research*, 18(2). BCC Research. (2016). *The Maturing Nanotechnology Market: Products and Applications*. A BCC Research Nanotechnology Report.
- Conacyt. (n/d). Red Temática de Nanociencias y Nanotecnología.
- Conacyt. (2001). Programa especial de ciencia y tecnología. Tomo II. México D.F.
- Conacyt. (2006). Resultados de la convocatoria para crear laboratorios nacionales.
- Foladori, G. & Invernizzi, N. (2019). Perspectivas e intereses en la construcción de normas de salud ocupacional. El caso de las nanopartículas de plata. *Visa Sanitaria Em Debate*, 7(2), 28–36.
- Foladori, Guillermo (2012). Riesgos a la salud y al medio ambiente en las políticas de nanotecnología en América Latina. *Sociológica*, 27(77), 143–180.
- Foladori, Guillermo (2016). Políticas públicas en nanotecnología en América Latina. *Problemas Del Desarrollo*, 186(47), 59–82.
- Foladori, G., Robles-Belmont, E., Arteaga-Figueroa, E.R., Appelbaum, R. & Zayago-Lau, E. (2018). Patents and nanotechnology innovation in Mexico. *Recent Patents on Nanotechnology*, 12.
- Foladori, G. & Zayago-Lau, E. (2014). The Regulation of Nanotechnologies in Mexico. *Nanotechnology Law & Business Journal*, 11(2), 164–171.
- Frederick, S. (n.d.). California in the NanoEconomy. <https://californiananoeconomy.org/>
- Gereffi, G. & Fernandez-Stark, K. (2011, May 31). Global Value Chain Analysis: A Primer. Retrieved from http://www.cggc.duke.edu/pdfs/2011-05-31_GVC_analysis_a_primer.pdf

- Gereffi, G. & Korzeniewicz, M. (eds.). (1994). *Commodity chains and global capitalism*. Westport, Conn: Praeger.
- Graham, S. & Iacopetta, M. (2008, December 31). *Nanotechnology and the Emergence of a General Purpose Technology*. Retrieved from <http://ssrn.com/abstract=1334376>
- Guston, D.H. & Sarewitz, D. (2002). Real-time technology assessment. *Technology in Society*, 24(1), 93–109.
- INEGI (2014). *Encuesta sobre Investigación y Desarrollo Tecnológico y Módulo sobre Actividades de Biotecnología y Nanotecnología 2012 Síntesis metodológica ESIDET-MBN*.
- Rip, A. & te Kulve, H. (2008). *Constructive Technology Assessment and Sociotechnical Scenarios*. In E. Fisher, C. Selin & J.M. Wetmore (eds.), *The Yearbook of Nanotechnology in Society: Vol. I. Presenting Futures* (pp. 49–70). Springer International Publishing.
- Robles-Belmont, E. (2012). Progresión de las nanociencias en México: Una perspectiva a partir de redes. In Guillermo Foladori, E. Záyago & N. Invernizzi (eds.), *Perspectivas sobre el desarrollo de las nanotecnologías en América Latina*. México, D.F.: Miguel Ángel Porrúa.
- Robles-Belmont, E. & Vinck, D. (2011). A Panoram of Nanoscience Developments in Mexico Based on the Comparison and Crossing of Nanoscience Monitoring Methods. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, 11(06), 5499–5507.
- Royal Society & Royal Academy of Engineering (2004). *Nanoscience and nanotechnologies: Opportunities and uncertainties*. London: Royal Society : Royal Academy of Engineering.
- SE (n.d.). Consejo de Alto Nivel para la Cooperación Regulatoria (CCR) entre México y Estados Unidos. Retrieved from <http://www.economia.gob.mx/comunidad-negocios/competitividad-normatividad/cooperacion-regulatoria-mexico-eu>
- Tsuzuki, T. (2009). Commercial scale production of inorganic nanoparticles. *International Journal of Nanotechnology*, 6(5), 567–578.





Proyecto Conacyt Ciencia de Frontera 2019 No. 304320
<https://relans.org/>