



DESARROLLO

La Red Latinoamericana de Nanotecnología y Sociedad (ReLANS) reúne en este libro trabajos de sus miembros en diferen-

tes países de América Latina. El tema central son las transferencias de tecnología entre la I + D y la producción de nanotecnologías. Se incluyen análisis a nivel de país, casos concretos, datos estadísticos de patentes y de innovación, inventario de empresas de nanotecnología.

Publicaciones previas de la RED LATINOAMERICANA DE NANOTECNOLOGÍA Y SOCIEDAD

- *Nanotecnologías disruptivas* (Miguel Ángel Porrúa, 2006)
- *Las nanotecnologías en América Latina* (Miguel Ángel Porrúa, 2008)
- *Nanotecnologías en la alimentación y agricultura* (CSEAM, 2008)
- *Perspectivas sobre el desarrollo de las nanotecnologías en América Latina* (Miguel Ángel Porrúa, 2012)
- *Social and Environmental Implications of Nanotechnology Development in Africa* (ReLANS/IPEN, 2012)
- *Las nanotecnología en Uruguay* (Espacio Interdisciplinario, Universidad de la República Uruguay, 2013)
- *Social and Environmental Implications of Nanotechnology Development in Asia-Pacific* (NTN/vReLANS/IPEN, 2013)
- *Nanotecnologías en América Latina: trabajo y regulación* (Miguel Ángel Porrúa, 2015)



Investigación y mercado de nanotecnologías

Investigación y mercado de nanotecnologías en América Latina

Guillermo Foladori
Noela Invernizzi
Edgar Záyago Lau
Coordinadores

MAPorrúa
librero-editor • México



UNIVERSIDAD DE ZACATECAS



SEDE ESTUDIOS CRÍTICOS DEL DESARROLLO



SEDE ESTUDIOS CRÍTICOS DEL DESARROLLO



UNIVERSIDAD DE ZACATECAS



MAPorrúa
librero-editor • México

Investigación y mercado de nanotecnologías en América Latina

Guillermo Foladori
Noela Invernizzi
Edgar Záyago Lau
Coordinadores



MÉXICO

2016

Esta investigación, arbitrada por pares académicos,
se privilegia con el aval de la institución coeditora.

620.5098

162

Investigación y mercado de nanotecnologías en América Latina / [coordinado por] Guillermo Foladori ; Noela Invernizzi ; Edgar Záyago Lau – 1ª ed. – [Zacatecas, Zac.] : Universidad de Zacatecas ; Ciudad de México : Miguel Ángel Porrúa, 2016
254 p. : il., mapas ; 17 × 23 cm. -- (Serie Estudios Críticos del Desarrollo)

ISBN 978-607-524-037-4

1. Nanotecnología -- América Latina. 2. Ciencia y tecnología -- Investigación -- América Latina. 3. Desarrollo económico -- Ciencia y estado -- América Latina. 4. Nanotecnología -- Aspectos económicos

Primera edición, junio del año 2016

© 2016

UNIVERSIDAD DE ZACATECAS

© 2016

Por características tipográficas y de diseño editorial
MIGUEL ÁNGEL PORRÚA, librero-editor

Derechos reservados conforme a la ley
ISBN 978-607-524-037-4

Queda prohibida la reproducción parcial o total, directa o indirecta del contenido de la presente obra, sin contar previamente con la autorización expresa y por escrito de GEMAPORRÚA, en términos de lo así previsto por la *Ley Federal del Derecho de Autor* y, en su caso, por los tratados internacionales aplicables.

IMPRESO EN MÉXICO



PRINTED IN MEXICO

LIBRO IMPRESO SOBRE PAPEL DE FABRICACIÓN ECOLÓGICA CON BULK A 80 GRAMOS
www.maporrua.com.mx
Araguaya 4, San Ángel, Álvaro Obregón, 01000, Ciudad de México

Inventario de empresas nanotecnológicas en México*

Edgar Záyago Lau**
Guillermo Foladori***
Liliana Villa Vázquez****
Richard P. Appelbaum*****
Eduardo Robles Belmont*****
Edgar Ramón Arteaga Figueroa*****
Rachel Parker*****

Introducción

Se presenta un inventario de las empresas de nanotecnología en México y se informa sobre su distribución geográfica, sobre la clasificación económica sectorial y sobre el lugar en la cadena de valor de las nanotecnologías. La metodología puede ser replicada sin mayores modificaciones a otros países. Los resultados registran un total de 139 empresas que trabajan con nanotecnología en México. El principal sector corresponde a la manufactura de productos químicos, y la mayoría de los productos vendidos por las empresas nanotecnológicas son medios de producción (materia prima, materiales intermedios, instrumentos y equipo) para ulteriores procesos industriales.

Este trabajo presenta los resultados de una investigación sobre las cadenas de valor de las nanotecnologías en México. La investigación se desarrolló a través de cuatro etapas. Durante la primera se realizó un inventario de las em-

*Proyecto Nanotechnology in the Mexican industrial policy. A comparative methodological framework UC MEXUS-Conacyt Collaborative Grant, 2014-2015.

**Unidad Académica en Estudios del Desarrollo. Universidad Autónoma de Zacatecas.

***Unidad Académica en Estudios del Desarrollo. Universidad Autónoma de Zacatecas.

****Unidad Académica de Economía. Universidad Autónoma de Zacatecas.

*****Center for Nanotechnology in Society. University of California-Santa Barbara.

*****Instituto de Investigaciones Matemáticas Aplicadas y en Sistemas. Universidad Nacional Autónoma de México.

*****Becario Conacyt.

*****Mowat Centre, School of Public Policy and Governance. Toronto University.

presas que trabajan con nanotecnología en México; se localizaron 139 empresas. La segunda etapa consistió en la identificación del sector económico al cual pertenece el producto principal con nanotecnología de cada empresa; para ello se utilizó la Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las Actividades Económicas (CIIU) de la Organización de las Naciones Unidas (ONU). La producción de sustancias y productos químicos resultó ser la más representada. La tercera etapa consistió en ubicar los productos, e indirectamente las empresas, en una cadena de valor simple de las nanotecnologías. La fase de la cadena de valor con mayor representación fue la de productos intermedios. La cuarta etapa fue identificar si los productos de las nanotecnologías tenían como destino principal el consumo productivo de posteriores procesos industriales, siendo así medios de producción; o si el destino principal es el consumo individual, personal, por parte de los ciudadanos. La mayoría de los productos resultaron ser destinados a medios de producción.

El texto se presenta dividido en cuatro apartados. En el primero se reseñan inventarios de productos y empresas de nanotecnología en diferentes países y regiones, y se resume la situación mexicana. En el segundo se explica la metodología utilizada. En el tercero se presentan los resultados; y se culmina con las principales conclusiones.

Inventarios de nanotecnología y la situación en México

Vidrios autolimpiantes, recubrimientos hidrófugos, materiales más resistentes, textiles inteligentes y fármacos que se autodosifican, son algunos de los productos de las nanotecnologías que llegan al mercado. La materia a escala nanométrica presenta propiedades físico-químicas diferentes, y en muchos casos novedosas respecto de las que manifiesta la misma materia en tamaño mayor; de allí que los productos de las nanotecnologías resulten muchas veces multifuncionales, o desarrollen funciones que no se encuentran en equivalentes convencionales. Las primeras empresas con venta de productos de las nanotecnologías empezaron a operar en la segunda mitad de la década de los años noventa. Zyvex, por ejemplo, surgió en 1997 en Estados Unidos y se especializa en el desarrollo de nanomateriales para varios sectores industriales (Zyvex, 2015). La compañía Nanotex abrió sus puertas en 1998, y manufactura textiles con propiedades físico-químicas similares al manto de algunos animales, lo cual les permite repeler polvos y humedades (Nanotex, 2015). Sin embargo el rápido crecimiento de las nanotecnologías

en el mercado ocurrió entrada la primera década del siglo XXI. Como resultado del impulso que ocasionó el lanzamiento de la Iniciativa Nacional de Nanotecnología de Estados Unidos en 2001, empresas de varios países se integraron a la competencia por ganar espacios en el mercado nanotecnológico mundial. Este mercado se estimó en 339 mil millones de dólares en 2010 y 731 mil millones de dólares en 2012 (Luxresearch, 2014).

Varios factores llevaron a que algunas instituciones y gobiernos comenzaran a registrar o inventariar los productos de las nanotecnologías que entraban al mercado y las empresas que los producían. Entre estos factores está tanto la relevancia económica de esta revolución tecnológica, que augura cambios a veces disruptivos en la organización de la producción y en la división del trabajo, como los potenciales riesgos a la salud y el medio ambiente que, por desconocidos, requieren de atención particular.

El primer inventario público global sobre productos de las nanotecnologías fue creado en 2005 por el Woodrow Wilson International Center for Scholars (wwics), en Washington, D.C., Estados Unidos. Dicho inventario, ahora en su segunda versión y con más de 1,800 productos registrados, es una iniciativa compartida con el Instituto de Tecnología Crítica y Ciencia Aplicada del Instituto Tecnológico de Virginia (ITC-VT). La orientación del ITC-VT en materia tecnológica hizo factible la validación de los productos registrados en la base de datos (wwics, s.f.). El punto de partida de la recopilación de datos fue el análisis sistemático de la web y el complemento de tal información por iniciativa de algunas empresas. Este inventario se construye a partir del producto nanotecnológico en el mercado, por lo que existen varias empresas que obtienen más de un registro.

Nanowerk es un sitio web que tiene el objetivo de difundir información sobre el desarrollo de las nanotecnologías. Mantiene varias bases de datos, incluyendo un registro global de compañías nanotecnológicas (nanowerk.com, 2015). Las empresas se clasifican en orden alfabético según el país donde se localiza la matriz. Estados Unidos lidera con 1,025 empresas, le sigue Alemania con 210, el Reino Unido con 143, Japón con 54, Suiza con 46, y otros países con menor cantidad.

Alemania tiene un inventario de las instituciones involucradas en el desarrollo de las nanotecnologías en el país. El Ministerio Federal de Investigación y Educación es el encargado de mantener este inventario, que incluye redes de investigación, laboratorios, universidades, agencias de gobierno, organizaciones no gubernamentales (ONG), museos y empresas. De acuerdo con la información disponible en su sitio web, el inventario de

empresas nanotecnológicas registra 830 pequeñas y medianas, y 279 grandes. Los registros están clasificados según el sector de aplicación (automotriz, químico/materiales, construcción, energía, equipo, salud, etcétera) y las disciplinas tecnológicas que complementan (biotecnología, óptica, química, etcétera) (MFIYE, 2015).

El Gobierno de Canadá mantiene un directorio nacional de compañías nanotecnológicas administrado por el Ministerio de Industria (Industry Canada-[IC]). El registro es voluntario y funciona como un mecanismo de vinculación entre las partes interesadas en el área. El directorio contiene dos subdirectorios: el primero se organiza en 3 subdivisiones de acuerdo con usuarios, productores y servicios que se proveen; el segundo se subdivide en función de los nanomateriales utilizados (metálicos, súper aleaciones, polvos metálicos, materiales de carbón, materiales compuestos, etcétera) (IC, 2015).

Dinamarca tiene un inventario de productos de las nanotecnologías que circulan en el mercado local: Nanodatabase. El inventario es patrocinado por el Consejo Danés de Consumidores, el Departamento de Ingeniería Ambiental y el Consejo Ecológico. El registro en el inventario se basa en la contribución de consumidores primordialmente. Para registrar un producto se llena un formulario en línea, en el cual se ingresa el nombre del producto y los datos generales de la empresa, además de anexar una foto del producto. Para comienzos del 2015 se tenían identificados 1,423 productos (Nanodatabase, 2015).

En Argentina, la Fundación Argentina de Nanotecnología (FAN) mantiene un catálogo que ofrece información sobre empresas, proveedores, equipos y servicios de la cadena de valor de las nanotecnologías en el país. El método para incorporar nuevos registros al catálogo se hace mediante el llenado de un formulario y el envío de fotografías de los productos (FAN, 2012). Este procedimiento es similar al utilizado en Dinamarca o en Canadá. El inventario tiene algo más de 40 registros.

También hay bases de datos regionales o estatales. En Canadá las provincias de Ontario, Quebec y Alberta mantienen inventarios desde hace unos años. Sin embargo, el inventario de Alberta es específico sobre entidades manufactureras. El inventario NanoAlberta utiliza un mapa georeferencial para ilustrar la ubicación de las más de 90 empresas y factorías en esa provincia (NanoAlberta, 2015). En Estados Unidos también hay inventarios estatales, como en el caso de California (Frederick, 2014) y Massachusetts (azonano.com, 2014).

Como pudimos observar, existen algunos inventarios nacionales y regionales que dan seguimiento a la generalización de las nanotecnologías. La mayoría de los inventarios utilizan la web como fuente para ubicar datos y, consecuentemente, registrar productos y empresas.

Al igual que la mayoría de los países, México colocó en sus planes de Ciencia, Tecnología e Innovación a las nanotecnologías como área prioritaria de desarrollo (Foladori e Invernizzi, 2013). Sin embargo, no existe un organismo gubernamental específico para orientar o programar este campo tecnológico, en contraste con lo que ocurre en muchos otros países, como Estados Unidos, China, Alemania o Japón entre los de vanguardia, o inclusive Brasil o Argentina en América Latina. Ha habido, no obstante, inversiones federales y estatales que muestran la intención por promover estas tecnologías. Tres tipos de inversiones destacan: laboratorios especializados, redes de investigadores y parques industriales.

El Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV) es sede del Laboratorio Nacional de Nanotecnología (NaNoTeCh). Este laboratorio abrió sus puertas en 2006 y contó con financiamiento del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt). El NaNoTeCh se encuentra en Chihuahua y tiene entre sus objetivos apoyar a las instituciones y empresas nacionales en el desarrollo de aplicaciones, materiales e investigación en el área (CIMAV, 2015). Otro que destaca es el Laboratorio Nacional de Investigaciones en Nanociencias y Nanotecnología (Linan), ubicado en el Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica (IPICYT). El Linan tiene una cartera de clientes que abarca instituciones públicas y privadas de investigación, así como empresas nacionales y extranjeras. El servicio que este laboratorio provee es el análisis y caracterización de nanomateriales de alta calidad (Linan, 2015). En el directorio de laboratorios nacionales del Conacyt también está el Laboratorio Nacional de Nano-fabricación (Nanofab), con sede en el Centro de Nanotecnología y Nanociencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) en Ensenada, Baja California. El Nanofab se creó en agosto de 2014 y entró en operación a principios de 2015; se compone de tres cuartos limpios distribuidos en 200 metros cuadrados, y tiene el objetivo de desarrollar aplicaciones electrónicas, médicas, automotrices y petroleras, primordialmente (Nanofab, 2015).

El segundo tipo de inversión se ha dirigido a la creación de redes nacionales de investigación. La Red de Nanociencias y Nanotecnología, creada en 2009, es una red de investigadores de las ciencias naturales e ingenierías, principalmente. Tiene varios objetivos, como el hacer un diagnóstico del estado del arte de las capacidades en nanotecnología dentro del país y vincularlas con la solución de problemas específicos (RNYN, s.f.). Los resultados de

la convocatoria 2014 para el registro y estructuración de redes temáticas ¿del Conacyt anunciaron la formación de la Red Internacional de Bio-nanotecnología con impacto en Biomedicina, Alimentación y Bioseguridad. La institución sede es la UNAM y dos entidades, la Coordinación de Investigación Científica y el Centro de Nanotecnología y Nanociencias, que fungen como nodos administradores (Conacyt, 2014).

El tercer tipo de inversión ha sido la creación de parques científico-industriales especializados en nanotecnología. El proyecto bandera del gobierno mexicano es el Clúster de Nanotecnología de Nuevo León (CNNL), el cual agrupa un importante número de empresas nano. El CNNL funciona bajo el modelo de la triple hélice, vinculando academia, empresas y gobierno para generar ventajas competitivas (González-Hernández, 2011a). El CNNL entró en operaciones en 2008 y cuenta con una incubadora especializada en el desarrollo de nanomateriales para su comercialización. A pesar de las inversiones y desarrollo de las nanotecnologías en diversas instituciones, no existe en México un registro que identifique dónde se investiga, qué se produce o qué se vende con nanotecnología. Sin embargo, como miembro de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), y dado que ésta ha lanzado encuestas piloto e iniciativas de registro de información sobre nanotecnología en varios de sus países, México ha incorporado a su sistema de estadísticas económicas, encuestas específicas sobre nanotecnología a partir de 2011.

En 2012 el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) presentó los resultados de la primera encuesta sobre nanotecnologías (Encuesta sobre investigación y desarrollo tecnológico y módulo sobre actividades de biotecnología y nanotecnología [ESIDET]). La unidad para la muestra fueron las empresas con 20 o más empleados dedicadas a actividades industriales, mercantiles o de prestación de servicios con fines o no lucrativos (INEGI, 2014). La encuesta ofrece cifras globales, estimando en 188 a las empresas que trabajan con nanotecnologías en México. Esto colocó al país en octavo lugar de entre los países miembros de la OCDE (OECD, s.f.). Los datos de la muestra son confidenciales, por lo cual no se conocen las empresas encuestadas ni la rama productiva o el producto de las nanotecnologías.

En 2013 una investigación académica, realizada el año anterior a partir de información de la web, identificó 101 empresas de nanotecnología en México y las clasificó según el sector económico que el producto de nanotecnología en el mercado representaba (Záyago *et al.*, 2013). Esta investigación constituye el antecedente de la que ahora se presenta a partir de una investigación más exhaustiva.

Metodología

Las cuatro fases de la investigación requirieron la aplicación de cuatro metodologías específicas. La primera para la elaboración de un inventario, con el propósito de identificar las empresas de nanotecnología; la segunda para establecer la clasificación económica sectorial; la tercera para ubicar la producción en términos de una cadena simple de valor de las nanotecnologías; y, la cuarta para agrupar los productos según el destino sea para medios de producción de ulteriores procesos productivos, o bien, para productos de consumo personal.

Inventario de empresas de nanotecnología

La identificación de empresas de nanotecnología implicó una búsqueda sistemática y el uso de criterios de validación de los datos obtenidos durante un periodo de siete meses, entre septiembre de 2014 y marzo de 2015.¹ El punto de partida fue el producto o productos con nanotecnología que la empresa lanzaba al mercado. En la gran mayoría de los casos las empresas publicitaron sólo un producto con nanotecnología. En los pocos casos en que se encontró más de uno se seleccionó el primero identificado. La información fue recopilada a partir de diferentes fuentes: búsqueda en la web (los siguientes identificadores fueron utilizados: nano*+México, producto+México+nano*, empresa+ México+nano*); artículos científicos y de divulgación; presentaciones en encuentros, foros y congresos; entrevistas con investigadores; revisión hemerográfica de los principales periódicos de México (por ejemplo *La Jornada*, *Reforma*, *Milenio*, *El Universal*) y sitios de noticieros (*CNN-español*, *Unotv*, *MVS-Noticias*, etcétera); propaganda en medios de comunicación; empresas localizadas en los parques especializados; proyectos de cooperación y otros esquemas vinculantes entre investigadores y empresas (resultados de convocatorias del Conacyt, por ejemplo). Una vez establecida una lista preliminar que identificaba nombre de empresa, producto en el mercado, localización geográfica, referencia de información y datos accesorios, se procedió a la validación de dicha lista mediante alguno de los siguientes criterios:

- La empresa explicitó en su página web la aplicación o utilización de nanotecnologías.²

¹La cantidad de productos y empresas de nanotecnología con presencia en el mercado pueden cambiar diariamente, por ello es importante considerar el espacio temporal que abarcó la investigación.

²Se utilizaron tres métodos para encontrar la información en la página de la empresa: 1) operador de búsqueda de Google + palabras claves (nanotecnología, nano, nanopartícula,

- Existía propaganda del producto donde era manifiesto el contenido nanotecnológico.
- Voceros de la empresa validaron el uso de nanotecnología en artículos, entrevistas o presentaciones públicas.

El resultado arrojó 139 casos confirmados. La información se ordenó en una matriz que incluye: nombre de la empresa, ubicación geográfica (estado y ciudad), localización de la matriz en el extranjero cuando fuese el caso, tamaño de la empresa (número de empleados),³ manufactura local o en el extranjero, referencia web o publicación de validación, y fecha del registro.⁴

El total de empresas nanotecnológicas en el mercado mexicano es sumamente difícil de conocer en un momento determinado; por lo tanto, el inventario que aquí se presenta no es ni exhaustivo ni estadísticamente representativo. Es, no obstante, el único inventario amplio y sistemático que puede dar indicaciones generales sobre la orientación del desarrollo de las nanotecnologías a la fecha. El resultado obtenido de 139 empresas identificadas con nombre, dirección y producto nanotecnológico es diferente de la estimación por muestreo a la cual llegó el INEGI en 2012 con un resultado de 188 empresas (INEGI, 2014).

Como el inventario se realizó a partir de los productos en el mercado, quedaron fuera, en primera instancia, aquellas empresas que realizan I+D en nanotecnología, pero que no producen. Este podría ser el caso de empresas que tienen patentes en nanotecnología, pero no fue posible identificar ningún producto en el mercado. También cuando la empresa tiene un proyecto financiado de investigación en nanotecnología, pero no fue posible identificar productos. Es claro que una empresa que lanza productos al mercado también puede estar realizando I+D, pero esta información no fue posible corroborarla. Aunque restringida a empresas que no tienen producto confirmado en el mercado, y por tanto subestimada, la información sobre I+D en nanotecnología fue registrada en una segunda instancia.

nanomaterial; ejemplo nano site: [www.\(nombre/ruta\).com](http://www.(nombre/ruta).com); 2) el motor de búsqueda del sitio web, cuando estaba disponible, y 3) una búsqueda manual en los catálogos en línea de productos o en el formato descargable.

³Se utilizó el criterio de número de empleados: micro (1 a 9), pequeña (10 a 49), mediana (50 a 249), y grande (250+).

⁴La matriz con la información es accesible en la página web de la Red Latinoamericana de Nanotecnología y Sociedad (ReLANS).

Clasificación de los productos nanotecnológicos según sector económico

La segunda fase de la investigación consistió en establecer la clasificación económica sectorial. Mediante procedimiento manual se adjudicó la clasificación ISIC/4 para cada uno de los productos nanotecnológicos del inventario, y a partir del buscador correspondiente de la página web de Naciones Unidas.⁵ ISIC/4 es la identificación —en inglés— de la Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las Actividades Económicas (CIIU), revisión 4 (International Standard Industrial Classification of All Economic Activities) de la Organización de las Naciones Unidas (ONU). La CIIU se utiliza en la mayoría de países y organismos internacionales para clasificar sectores económicos (ONU, 2006). La plataforma se basa en una codificación alfanumérica jerárquica, y clasifica según lo que llama “actividades”, y éstas incluyen tanto la manufactura de productos como servicios. Comienza con 21 secciones de acuerdo con una letra del alfabeto y, posteriormente, utiliza dos dígitos para clasificar la división, tres para el grupo y cuatro para la clase (sección, división, grupo, clase) (ONU, 2008). A cada uno de los productos le fue adjudicada esta clasificación. Como se trataba de productos tangibles, todos ellos corresponden a la sección manufactura, identificada con la letra C por la CIIU. Esta sección incluye las actividades que conllevan a la *transformación física* de los materiales para obtener un producto (ONU, 2006: 29). En los casos en que se identificaron empresas que realizaban I+D en nanotecnología, pero no se registraban productos elaborados, también se les adjudicó la clasificación CIIU de la sección M “actividades profesionales y científicas” que incluye I+D.⁶ El resultado de esta clasificación fue incorporado a la matriz; así, por ejemplo, un cosmético con nanotecnología fue clasificado como C 2023, que según ISIC/4 incluye:

Hierarchy⁷

- Section: C-Manufacturing
- Division: 20-Manufacture of chemicals and chemical products
- Group: 202-Manufacture of other chemical products
- Class: 2023-Manufacture of soap and detergents, cleaning and polishing preparations, perfumes and toilet preparations

⁵El buscador en línea está disponible en <http://unstats.un.org/unsd/cr/registry/regs.asp?Lg=1>

⁶No se incluyeron instituciones de educación o laboratorios públicos; solamente empresas privadas.

⁷Recuperado de <http://unstats.un.org/unsd/cr/registry/regs.asp?Cl=27&Lg=1&Co=2023&qryWords=2023>

Explanatory note

This class includes [entre muchos otros]

–beauty and make-up preparations

Ubicación en la cadena de valor de las nanotecnologías

La tercera fase de la investigación requirió una metodología para ubicar cada uno de los productos en la cadena de valor simple de las metodologías. Se utilizó como guía el proyecto California in the nano-economy, que registra a las empresas de nanotecnología en la cadena de valor (Frederick, 2014).⁸ Este proyecto usa como estructura de base una cadena de valor simple de las nanotecnologías desarrollada inicialmente por Luxresearch (2004). Esta cadena considera las siguientes etapas o fases:

- 1) *Nanomateriales*. Se trata de materiales con una, dos o tres dimensiones en la nanoescala.
- 2) *Nanointermedios*. Los nanointermedios normalmente funcionalizan nanopartículas o nanoestructuras, o hacen compuestos para ser aplicados a los productos finales.
- 3) *Productos finales nanohabilitados*. Se trata de productos finales que incorporan nano materia prima y/o nano intermediarios. Son destinados al consumidor final o a la industria como medio de producción.
- 4) *Nanoherramientas, equipo y maquinaria*. Se incluye equipo de medición, manipulación, análisis y producción de nanomateriales y nanoestructuras, o su aplicación a otros procesos productivos.

En esta investigación registramos la investigación y el desarrollo (I+D) en nanotecnología, aunque de manera parcial, pero que puede ofrecer interesante luz sobre la orientación de la I+D de nanotecnología en México.⁹

Esta clasificación en la cadena de valor no puede tomarse como cerrada ni exacta, dada la variedad de productos de las nanotecnologías. La idea general es distinguir grandes etapas en la investigación (de básica a aplicada) y en la llegada del producto al usuario final (como medio de producción o medio de consumo). Nano materias primas constituyen la primera etapa de

⁸El proyecto agrega abundante información sobre los diferentes agentes que colaboran, a nivel de educación, apoyo institucional, administrativo, regulatorio, etcétera. Esta información no fue incorporada a nuestra investigación sobre empresas de nanotecnología en México en esta primera instancia.

⁹Se repite aquí la salvedad de que esta fase está siempre subestimada, en virtud de que la investigación parte del producto final en el mercado y sólo recoge información de I+D cuando la empresa sólo realiza esta actividad sin producir mercancías tangibles.

producción material, en la cual se obtienen materiales a escala nano, sean partículas o estructuras. La segunda etapa está constituida por la composición, funcionalización o adaptación de la materia prima para poder ser aplicada en otros procesos industriales. El concepto de producto final sugiere que dicho producto no sufre nuevas transformaciones físico-químicas, y eso lo distingue de los productos intermedios.

Para efectos prácticos de la clasificación de los productos nanotecnológicos en la cadena de valor, se utilizaron los conceptos que se muestran en el cuadro 1.

Cuadro 1
CONCEPTOS CLAVE PARA IDENTIFICAR PRODUCTOS DE LA
NANOTECNOLOGÍA EN LA CADENA DE VALOR

<i>I+D</i>	<i>Materia prima</i>	<i>Materiales intermedios</i>	<i>Productos finales</i>	<i>Instrumentos de medición y manipulación</i>
Empresas que no venden producto pero realizan investigación en nanotecnología	Nanopartículas Nanofibras Nanotubos Nanocables Nanopartículas esféricas	Recubrimientos Catalizadores Sensores y NEMS Generadores y almacenadores de energía Transportadores de fármacos Circuitos integrados Nanocompuestos	Vestimenta deportiva Artículos para el hogar Productos de construcción Transporte Electrónicos y computadoras Productos para el cuidado personal Alimentos y productos agrícolas Productos médicos y medicinas	Equipo o herramienta dedicada al análisis, desarrollo, producción o aplicación de nanomateriales o materiales nanoestructurados
Empresas con patente	Nanocapas Nanopelículas			
Empresas con convenios de I+D con universidades y centros de investigación				

Fuente: Excepto la columna I+D, el resto está tomado de Stacey Frederick, *California in the nanoeconomy*. Recuperado de <http://californiananoeconomy.org/>

Con base en los conceptos anotados arriba y los términos clave cada uno de los productos fue clasificado manualmente, siguiendo la información y descripción que del producto ofrece el productor.

Carácter del producto en el proceso de acumulación de capital

Los productos finales pueden ser destinados a nuevos procesos de acumulación de capital (consumo productivo) y, por tanto, ser medios de producción; o bien pueden ser destinados al consumo individual de las personas. Esta

información es útil para entender el carácter de la revolución de las nanotecnologías en el proceso de acumulación de capital, ya que cuando se trata de nuevos medios de producción, la tecnología dinamiza directamente el desarrollo material y es palanca del crecimiento económico; mientras que cuando se trata de productos de consumo final, la tecnología beneficia las condiciones de vida del consumidor, pero no es palanca del crecimiento económico.

La clasificación no es sencilla ya que el mismo producto puede ser utilizado como medio de producción o de consumo. Un automóvil es un medio de producción cuando es utilizado por una empresa para desplazar a trabajadores, pero es un medio de consumo cuando se emplea de forma personal por el ciudadano. La harina es consumida como medio de producción por panaderías y otras industrias alimenticias, pero también puede ser comprada para uso doméstico en la casa de cualquier persona como medio de consumo. Sin embargo, algunos de los grupos de productos son claramente medios de producción, como ocurre con la materia prima, con los materiales intermedios, con los instrumentos y herramientas, y, también en el caso de los productos finales catalogados como productos de la industria de la construcción, o del sistema de transporte.¹⁰

Resultados y discusión

Fueron identificadas 139 empresas. Existe una fuerte concentración espacial en la Ciudad de México y estados vecinos, y en el norteño estado de Nuevo León. Para determinar la localización espacial de la empresa se utilizó la dirección de sus oficinas centrales (casa matriz). En algunos casos es posible ubicar el centro de producción en una dirección distinta a la de la casa matriz pero, en la generalidad, el domicilio principal coincide con el de producción. El mapa 1 muestra la distribución geográfica.

Entre el Distrito Federal con 66 empresas y Nuevo León con 30, se alcanza el 69 por ciento del total. El mapa indica, además, la presencia de empresas de nanotecnología en toda la franja fronteriza con Estados Unidos, y en el centro occidente del país. En la franja fronteriza de ubican varias empresas maquiladoras, y en el estado de Jalisco el núcleo fuerte de investigación y producción de electrónicos. Es probable que en estos estados prevalezca la orientación de las nanotecnologías hacia la industria electrónica

¹⁰En este sector, los automóviles son claramente una excepción, ya que son mayoritariamente productos de consumo personal (con la excepción de camiones y otros vehículos de trabajo).

Mapa 1
DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LAS EMPRESAS DE NANOTECNOLOGÍA
EN MÉXICO



Fuente: Elaboración propia.

y con destino a la exportación. Los otros estados con mayor desarrollo industrial, Nuevo León y Estado de México, concentran, junto con la Ciudad de México y Jalisco, el 82 por ciento de las empresas de nanotecnología en México, así como las principales universidades y centros de investigación. En contraste, los estados no sombreados que incluye a los más pobres, no ubicamos empresa con proceso de manufactura con nanotecnología. Para el caso de Yucatán y Quintana Roo, los únicos estados del sur que aparecen sombreados, sólo encontramos una empresa, respectivamente, lo que quiere decir que prácticamente el grueso de la actividad productiva con las nanotecnologías se encuentra en el centro-norte del país. Esto sugiere que las nuevas tecnologías tienden a profundizar la brecha preexistente entre zonas más y menos desarrolladas.

No todas las 139 empresas tienen producción doméstica. En muchos casos resulta difícil determinar si el producto con nanotecnología que comercializan fue producido en territorio nacional o importado. En algunos casos la distinción es explícita. El cuadro 2 muestra esta diferencia.

Cuadro 2
DISTRIBUCIÓN DE EMPRESAS NT EN MÉXICO

<i>Empresas</i>	<i>Cantidad</i>	<i>%</i>
<i>Manufactura</i>		
Nacional	74	53.24
Importada	44	31.65
Sin información indicativa de lugar de producción	21	15.11
<i>Total</i>	<i>139</i>	<i>100.00</i>

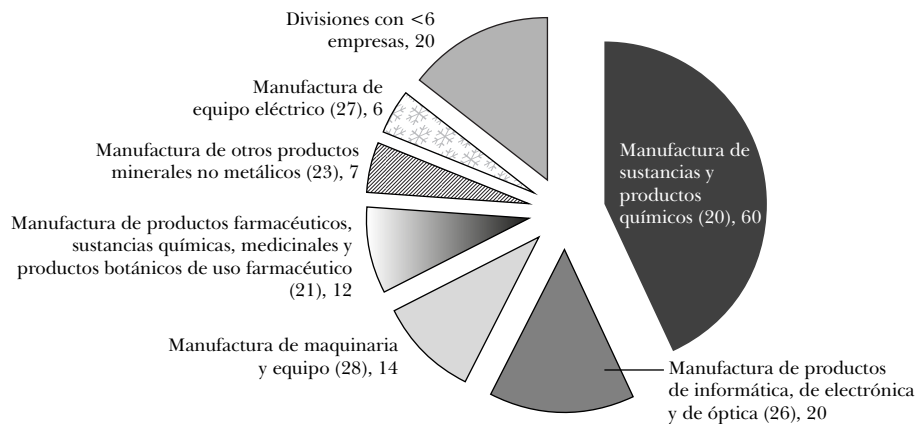
Fuente: Elaboración propia.

En algo más del 50 por ciento de los casos (74 empresas) se pudo establecer su producción nacional, y en 32 por ciento se trataba de producción importada y comercializada en el país.

Las empresas manufactureras, que suman 139, pueden ser agrupadas de acuerdo al producto con nanotecnología y su clasificación según la metodología CIUU de Naciones Unidas. La distribución económica resultante, por divisiones en la terminología de CIUU, abarca seis divisiones manufactureras. Debe enfatizarse que, como la clasificación se realizó a partir del producto con nanotecnología en el mercado, la clasificación económica no necesariamente refleja la de la empresa. De esta forma, una empresa que tiene varias líneas de producción fue clasificada exclusivamente según el producto con nanotecnología. La CIUU subdivide a la sección manufactura en 24 divisiones. En el caso de México, los productos con nanotecnología sólo representan 6 divisiones. La gráfica 1 permite visualizar la participación de cada una de estas divisiones manufactureras.

La gráfica 1 muestra el código CIUU (dos dígitos) entre paréntesis para cada división manufacturera, seguido de la cantidad de empresas representadas. Salta a la vista que la manufactura de sustancias y productos químicos es mayoritaria, triplicando a la siguiente que es la manufactura de productos de informática, electrónica y óptica. Le sigue la manufactura de maquinaria y equipo, y a poca distancia la manufactura de productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales y productos botánicos de uso farmacéutico. Entre estas cuatro divisiones se cubre más del 75 por ciento de toda la industria manufacturera nanotecnológica de México. La distribución de los productos, según estas divisiones manufactureras, indica una inclinación hacia la ciencia básica, fuertemente representada en los productos químicos, pero también en la manufactura de productos de informática, electrónicos y ópticos.

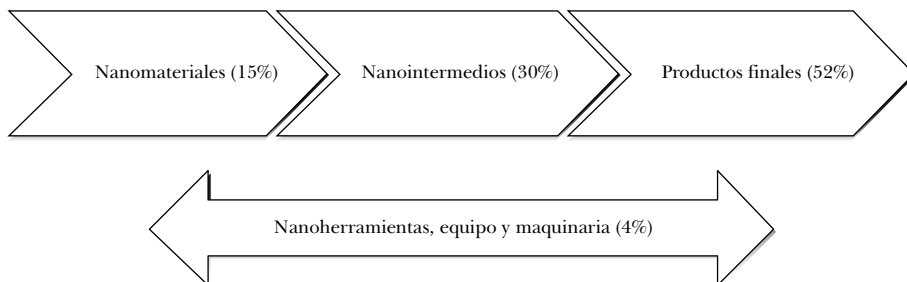
Gráfica 1
 EMPRESAS MANUFACTURERAS DE NANOTECNOLOGÍA EN MÉXICO
 SEGÚN DIVISIÓN CIIU



Fuente: Elaboración propia.

La ubicación de los productos nanotecnológicos en la cadena de valor de las nanotecnologías refleja la ubicación de las empresas, dado el punto de partida de que sólo un producto está representado por cada empresa. La visión de conjunto de la distribución de las empresas en la cadena de valor se presenta en la figura 1.

Figura 1
 DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LAS EMPRESAS EN LA CADENA
 DE VALOR DE LAS NANOTECNOLOGÍAS



Fuente: Elaboración propia.

El escaso porcentaje representado en la primera etapa de los nanomateriales muestra la dependencia de México respecto del suministro externo de la materia prima; al igual que sucede con las herramientas y equipo de medición, manipulación y caracterización de los nanomateriales y nanoestructuras. La gráfica muestra, por otra parte, que la mitad de los productos en el mercado son mercancías finales que incorporan de una u otra forma las “virtudes” que suponen incorporar materiales y estructuras nanométricas.

Un mayor detalle de esta cadena de valor está plasmado en el cuadro 3. Allí la materia prima se desagrega en cinco grupos, los nano intermedios en cuatro, y los productos finales en cinco grupos.

Esta subdivisión en la cadena no marca una clara inclinación hacia un determinado tipo de nanomaterial o de productos intermedios, y habrá que esperar el aumento de la producción con nanotecnología para poder determinar el grado de especialización.

En la primera etapa de la cadena de valor, correspondiente a los nanomateriales y nanoestructuras, se localizaron 21 empresas. Las que fabrican con nanomateriales metálicos constituyen el primer grupo con nueve casos. Le siguen estructuras poliméricas con siete; el resto con tres y menos. Destacan, en esta primera etapa, empresas como Praxair, TCM watches, Tenaris Tamsa y Dupont. Los principales nanomateriales identificados son dióxido de titanio, plata, oro, hidróxido de magnesio y nanotubos de carbono.

La etapa de nanointermedios está conformada por 41 empresas. Tres tipos de productos se encuentran mayormente en esta etapa: circuitos, compuestos y recubrimientos. Comex, por ejemplo, fabrica una pintura antivegetativa y “autopulible” (Comex, 2015). La empresa Empower Circle México (Trunano) importa un recubrimiento que brinda protección contra manchas, vandalismo, abrasión y desgaste, el cual denominan “Grafiti Armor” (Empowercircle, 2015). Algo más de la mitad de las empresas que producen nano-intermedios manufactura en el extranjero y vende en México. Tal es el caso de Recubritec, Nanodepot, Protec, Altana, Vinssa, Leyvitec, Flextronics, Kodak, Toshiba, Fei y Circuit Check.

Hay 72 productos localizados en la etapa final de la cadena de valor. 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. En el segmento de construcción e industria encontramos varias empresas importantes. Cemex, una multinacional mexicana, y de las mayores del mundo en producir productos para la industria de la construcción, tiene su matriz en Monterrey, produce y comercializa un concreto llamado *Fortium ICF* que permite economizar en costos de mantenimiento y de energía

Cuadro 3
EMPRESAS NANOTECNOLÓGICAS SEGÚN SU UBICACIÓN EN LA CADENA DE VALOR

<i>Nano materia prima según base</i>	<i>Número</i>	<i>Nano intermediarios</i>	<i>Número</i>	<i>Productos finales</i>	<i>Número</i>	<i>Herramientas y equipo</i>	<i>Número</i>	<i>Total de empresas</i>
Carbón	3	Circuitos	14	Vestimenta, deportes y hogar	17	Equipo de análisis	5	
Inorgánica	1	Recubrimientos	11	Cuidado personal y alimentos	17			
Metálica	9	Compuestos	15	Construcción e industria	21			
Polímeros	7	Componentes electrónicos	1	Salud	9			
Semimetálicos	1			Transporte	8			
Total	21 (15.11%)		41 (29.50%)		72 (51.80%)		5 (3.60%)	139 (100%)

Fuente: Elaboración propia.

(Cemex, 2015). Vitromex, localizada en Saltillo, Coahuila, manufactura varios productos nanotecnológicos, pero sobresale una línea de pisos de cerámica anti-bacteriales con nanopartículas de plata y estabilizadas con zirconio (Vitromex, 2015). Global Proventus, con matriz en Monterrey, es una empresa que fabrica nanomembranas especializadas para filtración de agua para uso residencial, comercial e industrial (Globalproventus, 2015). En el segmento de cuidado personal, alimentos y productos agrícolas, encontramos empresas mexicanas como Sigma, Xignus, Gresmex y Nanonutrition, y también empresas con matriz en el extranjero como Avon, Sanki, Vitamist (representante de Mayor Labs), Kellogs y otras más. Sigma, por ejemplo, utiliza envases funcionales de menor peso y nanopelículas para el envasado de productos que se deterioran al contacto con el oxígeno (Clusternano, 2010). La empresa Avon, con matriz en la ciudad de Nueva York, Estados Unidos, manufactura cosméticos con diferentes tipos de nanopartículas (Avon, 2011). Vitamist, representante en México de la empresa estadounidense Mayor Labs, ofrece vitamínicos en nanoespray, con el objetivo de aumentar la absorción una vez que son aplicados en las paredes bucales (Vitamist, 2015).

Es posible que varias de las empresas que manufacturan con nanotecnología en México también realicen I+D. Esta información no pudo ser captada; sin embargo hemos registrado 21 empresas que sin lanzar productos al mercado están realizando I+D en nanotecnología, a juzgar por patentes registradas o proyectos de investigación financiados. Como se trata de información parcial, no la hemos incluido en la cadena de valor. Pero algunos ejemplos son ilustrativos de los lugares y temas de investigación.

El estado de Nuevo León concentra nueve empresas de las 21 que realizan I+D. Frisa Forjados, por ejemplo, es una empresa que realiza investigación sobre nanomateriales y aplicaciones en el Clúster de Nanotecnología de Nuevo León (Bárcenas, 2010). La empresa Copamex realiza investigación con la encomienda de desarrollar nanomateriales ignífugos para aplicarse a cartón o papel (González-Hernández, 2011b). Fuera de Nuevo León está Cementos Chihuahua, ubicada en la ciudad, la cual participó en una investigación sobre las características físicas de cemento habilitado con nanomateriales (óxido de silicio) (Cervantes y Calderón, 2013). Hay otras empresas en I+D localizadas en otras entidades federativas, como Mezfer, Resymat, Celanese y Casematic, las cuales cuentan con patentes en nanotecnología.

Una vez distribuidas las empresas en la cadena de valor, resulta ilustrativo analizar en qué medida el producto final es un nuevo medio de

producción de sucesivos procesos industriales o va dirigido al ciudadano consumidor final. Distinguimos así los medios de producción de los medios de consumo. Esta distinción no es exacta cuando se trabajan agregados, como es el caso y como fue señalado anteriormente. La harina puede ser consumida como producto final, pero la mayoría se destina a medio de producción de la industria del pan y las galletas. Por lo regular, al trabajar con datos agregados se subestiman los medios de producción, ya que por razón de la acumulación ampliada de capital, el grueso de la producción vuelve a formar parte de nuevos procesos productivos. Existen, no obstante, excepciones contrarias, como es el caso de la industria automovilística con el carro de uso personal. Pero esta información, aunque aproximada, es de importancia para identificar el papel de las nanotecnologías en el proceso de acumulación de capital.

El cuadro 4 agrupa las empresas según sus productos sean medios de producción o medios de consumo.

Cuadro 4
EMPRESAS SEGÚN PRODUCCIÓN DE MEDIOS DE PRODUCCIÓN
O DE MEDIOS DE CONSUMO

<i>Producen medios de producción</i>	<i>Cantidad</i>
Nanomateriales	21
Nanointermedios	41
Productos finales (construcción e industria; transporte)	≈ 29
Herramientas y equipo	5
Subtotal	96 (69%)
Producen medios de consumo	
Productos finales (vestimenta, deportes y hogar; cuidado personal y alimentos; y, salud)	≈ 43
Subtotal	43 (31%)
Total	139

Fuente: Elaboración propia.

Grosso modo 96 empresas producen medios de producción, lo cual constituye casi el 70 por ciento del total, y 43 empresas producen medios de consumo (aproximadamente 70 por ciento del total).

Empresas que producen medios de producción son, por ejemplo, Viakable, encargada de manufacturar cables industriales con recubrimiento nano; Polímeros nacionales, empresa que produce nanomateriales para la industria; Sony, compañía que manufactura oleds para pantallas; o, Kaltex, entre cuyos

productos destaca una nanofibra bactericida que evita los malos olores. Empresas que producen medios de consumo son, por ejemplo, 3M, que comercializa productos dentales y de uso médico; Whirlpool y Mabe, quienes manufacturan y comercializan algunos productos de línea blanca que contienen nanomateriales; Ten Pac, que fabrica calzado industrial.

Conclusiones

México investiga en nanotecnologías desde los años noventa. Durante la primera década del siglo XXI fondos públicos fueron destinados a laboratorios especializados, al establecimiento de parques industriales y a la creación de redes de investigación. No obstante, no existe un programa o institución pública que establezca lineamientos para su desarrollo y concentre la información, de manera que se obtienen datos dispersos, y tampoco se conoce el monto de inversión destinado a estas tecnologías. La investigación que se llevó a cabo para recabar información sobre empresas que producen y comercializan productos de las nanotecnologías en México es un esfuerzo para cubrir parte de tales lagunas.

La investigación abarcó cuatro etapas sucesivas. En la primera se realizó un inventario de empresas nanotecnológicas en México, identificando 139. En la segunda parte se clasificaron los productos con nanotecnología según la International Standard Industrial Classification of All Economic Activities de la Organización de las Naciones Unidas, lo cual permitió mostrar que el 40 por ciento de los productos corresponden a la manufactura de sustancias y productos químicos; seguido de un 14 por ciento por la manufactura de productos de informática, electrónica y óptica. En la tercera etapa se localizaron las empresas según una cadena de valor simple de las nanotecnologías, que distingue la materia prima (nano materiales y materiales intermedios) de los productos finales y de los instrumentos y equipo, mostrando que aproximadamente la mitad de los productos de las nanotecnologías en el mercado son productos finales, y otro tanto nanomateriales, materiales intermedios e instrumentos. La cuarta y última etapa consistió en clasificar los productos según si se volcaban prioritariamente a nuevos procesos productivos (consumo productivo) o para el consumo personal. El resultado mostró que cerca del 80 por ciento de los productos tienen como fin el consumo productivo.

Fuentes consultadas

- Avon (2011). *Nanotechnology, Corporate Responsibility*. Recuperado en marzo de 2015 http://www.avoncompany.com/corporatecitizenship/corporate-responsibility/resourcecenter/policies_and_procedures/pdf/2011-nanotechnology.pdf
- Azonano.com (2014). *Nanotechnology Market Report*. Massachusetts, EUA. Recuperado en febrero de 2015 <http://www.azonano.com/article.aspx?ArticleID=3133>
- BÁRCENAS, E. (2010). *Nanometrópolis. Revista poder y negocios*. S.N. Recuperado en marzo de 2015 <http://www.especialistas.com.mx/saiweb/viewer.aspx?file=c8u0JHHolyPzScjDD09MU1WEbNi/SO333Q@@6k2Yd4rfHIooUzh3TxU79WuC4HcAF3&opcion=0&encrip=1>
- Cemex (2015). *Buiding the cities of the future report*. Recuperado en marzo de 2015, <http://www.cemex.com/InvestorCenter/files/2012/Cemex-Sdr2012.pdf>
- CERVANTES, M. J., Calderon, F., Terrazas, A., Margulis, J., Nava, J., San Miguel, G., Sanchez, J., Durstewitz, C. & Villafañe, A. (2013). Corrosion Resistance, Porosity and Strength of Blended Portland Cement Mortar Containing Rice Husk Ash And NanoSiO₂. *Int. J. Electrochem. Sci*, 8, 10697-10710.
- CIMAV (Centro de Investigación de Materiales Avanzados) (2015). *Laboratorio Nacional de Nanotecnología*. Recuperado en febrero de 2015 <http://ntch.cimav.edu.mx/>
- Clusternano (2010). *Empresas en el cluster*. Recuperado en enero de 2010 <http://www.clusternano.org/nanomonterrey2010/>
- Comex (2015). *Catálogo de productos. Marine Coating AF 53*. Recuperado en marzo de 2015 <http://www.comex.com.mx/CATALOGUE/Product/Marine-Coatings-AF-53.aspx>
- Conacyt (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología) (2014). *Resultados Registro y Reestructuración de Redes Temáticas*. Recuperado en marzo de 2015 <http://www.conacyt.gob.mx/index.php/el-conacyt/convocatorias-y-resultados-conacyt/convocatorias-redes-tematicas-de-investigacion/resultados-redes-tematicas-de-investigacion>
- Empowercircle (2015). *Productos industriales, en construcción*. Recuperado en marzo de 2015 <http://www.empowercircle.com/es/industrial/>
- EAN (Fundación Argentina de Nanotecnología) (2012). *Quién es quién en nanotecnología*. Buenos Aires: Fundación Argentina de Nanotecnología.
- FOLADORI, G. & Invernizzi, N. (2013). Inequality gaps in nanotechnology development in Latin America. *Journal of Arts and Humanities*, 2(3), 36-45.

- FREDERICK, S. (2014). *The Nanotechnology Value Chain Model & Template*. Unpublished manuscript, Duke University, Center on Globalization, Governance and Competitiveness.
- Globalproventus (2015). *Membranas para filtración*. Recuperado en marzo de 2015 <http://www.global-proventus.com/productos/membranas/membranas/>
- GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ, J. (2011a). El clúster de nanotecnología de Nuevo León: estrategia y operación. *Mundo Nano*, 4(1), 18-23.
- _____. (2011b). *Vinculación del CIMAV con las Empresas del Clúster de Nanotecnología de Nuevo León*. [Presentación en PPT]. Recuperado en marzo de 2015 <http://nanored.org.mx/documentos/Queretaro-2011%5CMESA%201%20-%20Dr.%20Jesus%20Gonzalez.pptx>
- IC (Industry Canada) (2015). Nanotechnology Company Directory. Recuperado en febrero de 2015 https://www.ic.gc.ca/eic/site/aimb-dgami.nsf/eng/h_00003.html
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2014). *Encuesta sobre Investigación y Desarrollo Tecnológico y Módulo sobre Actividades de Biotecnología y Nanotecnología 2012*. Síntesis metodológica ESIDET-MBN.
- Linan (Laboratorio Nacional de Investigaciones en Nanociencias y Nanotecnología) (2015). *Linan*. Recuperado en febrero de 2015 <http://www.ipicyt.edu.mx/Linan/linan.php>
- Lux Research. (2004, September 30). Sizing nanotechnology's value chain. Recuperado de https://portal.luxresearchinc.com/research/report_excerpt/2650
- Lux Research (2014). *Nanotechnology Update: Corporations Up Their Spending as Revenues for Nano-enabled Products Increase*. Recuperado en marzo de 2015 https://portal.luxresearchinc.com/research/report_excerpt/16215
- MFIYE (Ministerio Federal de Investigación y Educación) (2015). *Competency Map Nanotechnology in Germany*. Recuperado en febrero de 2015 <http://www.nano-map.de/>
- NanoAlberta (2015). *Alberta Nanotechnology Asset Map, 2012*. Recuperado en marzo de 2015 <http://www.albertatechfutures.ca/nanoAlberta/Alberta-NanoAssetMap.aspx>
- Nanodatabase (2015). *Registry of products containing nanomaterials*. Recuperado en marzo de 2015 <http://nanodb.dk/en/>
- NANOFAB (Laboratorio Nacional de Nanofabricación) (2015). *Nanofab, generalidades*. Recuperado en febrero de 2015 <http://www.cnyn.unam.mx/~nanofab/>
- Nanotex (2015). *About us*. Recuperado en marzo de 2015 <http://www.nano-tex.com/company/aboutus.html>

- Nanowerk.org (2015). *Nanotechnology Commercial Directory*. Recuperado en marzo de 2015 http://www.nanowerk.com/nanotechnology/research/nanotechnology_links.php
- OECD (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico) (s/f). *Directorate for Science, Technology and Innovation Key Nanotechnology Indicators*. Recuperado en diciembre de 2014 <http://www.oecd.org/sti/nanotechnology-indicators.htm>
- ONU (Organización de las Naciones Unidas) (2006). *Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas (CIIU)-Revisión 4*. Departamento de Asuntos Económicos y Sociales, División de Estadística. Recuperado en septiembre de 2014 <http://unstats.un.org/unsd/cr/registry/regdntransfer.asp?f=197>
- RN^{YN} (Red de Nanociencias y Nanotecnología) (s/f). *Objetivos*. Recuperado en enero de 2015 <http://www.nanored.org.mx/objetivos.aspx>
- United Nations. (2008). *International Standard industrial classification of all economic activities (ISIC) (Rev. 4)*. New York: United Nations. Recuperado de http://unstats.un.org/unsd/publication/seriesM/seriesm_4rev4e.pdf
- Vitamist (2015). *Línea de productos*. Recuperado en marzo de 2015 <http://www.vitamistmexico.com/>
- Vitromex (2015). *Vitromex antibacterial*. Recuperado en marzo de 2015 <http://www.vitromex.com.mx/assets/templates/ecolife/revistas/antibacterial/ANTIBACTERIAL.pdf>
- WWIC (Woodrow Wilson International Center for Scholars). Project on Emerging Nanotechnologies. *Inventory Finds Increase in Consumer Products Containing Nanoscale Materials*. Recuperado en enero de 2015 <http://www.nanotechproject.org/news/archive/9242/>
- ZÁYAGO LAU, Edgar, Foladori, Guillermo, Appelbaum P. Richard y Arteaga Figueroa, Ramón (2013). Empresas nanotecnológicas en México: hacia un primer inventario. *Revista Estudios Sociales*, 21(42), 9-25.
- Zyvex (2015). *Unlocking the power of nanotechnology*. Recuperado en marzo de 2015 <http://www.zyvex.com/>

INNOVACIÓN Y TRADICIÓN: DINÁMICAS DE CONSTRUCCIÓN DE PERTINENCIA
 PARA UN DESARROLLO DE DESCONTAMINACIÓN DE AGUA
 BASADO EN NANOTECNOLOGÍAS EN COLOMBIA

Astrid Jaime, María Lucía Lizarazo,

<i>Constanza Pérez Martelo, Bernardo Herrera</i>	131
Introducción	131
Las redes glo/cales como multisitios de producción de conocimiento.....	132
Metodología	135
Un caso de construcción de pertinencia en nanotecnologías	137
Discusión y conclusiones	146
Agradecimientos.....	148
Fuentes consultadas	148

NANOTECNOLOGÍA Y SISTEMA AGROINDUSTRIAL: APRENDIZAJES EN
 TORNO AL DESARROLLO DE TEXTILES FUNCIONALES EN ARGENTINA

Tomás Javier Carrozza, Susana Silvia Brieva.....153

La construcción de un textil repelente al mosquito transmisor del dengue.....	153
La perspectiva analítica de las nanociencias y nanotecnologías en el marco de los estudios sociales de la ciencia y tecnología	154
Los textiles repelentes y la salud pública	157
Del premio innovar a los estudios en la selva	159
Reflexiones finales	174
Fuentes consultadas	175

INVENTARIO DE EMPRESAS NANOTECNOLÓGICAS EN MÉXICO

Edgar Záyago Lau, Guillermo Foladori, Liliana Villa Vázquez,

Richard P. Appelbaum, Eduardo Robles Belmont,

<i>Edgar Ramón Arteaga Figueroa, Rachel Parker</i>	177
Introducción	177
Inventarios de nanotecnología y la situación en México	178
Metodología	183
Resultados y discusión	188
Conclusiones.....	196
Fuentes consultadas	197