

RELEVANCIA Y APOYO PÚBLICO DE LA INVESTIGACION EN NANOTECNOLOGÍA EN MEXICO

RELEVANCE AND PUBLIC SUPPORT OF NANOTECHNOLOGY RESEARCH IN MEXICO

Guillermo Foladori:

*Universidad Autónoma de Zacatecas.
gfoladori@gmail.com*

Edgar Arteaga Figueroa:

arteagafigueroa@gmail.com

Edgar Záyago Lau:

*Centro de Investigación y de Estudios
Avanzados (CINVESTAV)
zayagolau@gmail.com*

Liliana Villa.

laura_lilianavilla@yahoo.com.mx

Richard Appelbaum:

*Universidad de California en
Santa Barbara.
rich@global.ucsb.edu*

Eduardo Robles-Belmont:

*Universidad Nacional
Autónoma de México.
roblesbelmont@yahoo.fr*

Rachel Parker

*Universidad de Toronto.
rachelariella@gmail.com*

Resumen: Se realiza un análisis de las políticas públicas en materia de nanotecnología en México y según indicadores de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). La OCDE realizó una encuesta piloto a 24 países miembro en 2008 para comparar políticas públicas en nanotecnología. En este artículo aplicamos el mismo cuestionario y buscamos responderlo en función del caso mexicano. Además, agregamos la información sobre empresas, derivada de la encuesta del Instituto Nacional de Estadística y Geografía sobre nanotecnologías, que también es un instrumento inducido por OCDE para ser realizado en sus países miembro. El resultado muestra la importancia y distribución de la actividad de la investigación en nanotecnología en el interior de México y en relación a sus países vecinos. En la discusión se trata la situación contradictoria de una relativa amplia cantidad de empresas que trabajan con nanotecnología en México en un marco de débiles políticas públicas de apoyo.

Palabras clave: nanociencias, nanotecnologías, México, Investigación y Desarrollo, Ciencia y Tecnología, política pública, política científica

Abstract: *This article presents an analysis of public policies regarding nanotechnology in Mexico according to indicators of the Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). The OECD conducted a pilot survey of 24 member countries in 2008 to compare public policies in nanotechnology. In this study, we use the same OECD questionnaire to assess the Mexican experience. In addition, we present information on companies engaged in nanotechnology using data from a survey of the National Institute of Statistics and Geography. The latter survey also was developed by the OECD for its member countries. The results show the importance and distribution of research activity in nanotechnology inside Mexico and in relation to its neighbors. The discussion also deals with the contradictory situation of the Mexican nanotechnology sector, which comprises a relatively high number of companies involved with nanotechnology in the context of a weak framework of public policy support.*

Keywords: *Nanosciences, Nanotechnologies, Mexico, Research and Development, Science and Technology, public policy, scientific policy*

1. Introducción: objetivo y metodología

Se realizó un análisis de las políticas públicas en materia de nanotecnología en México, y según indicadores de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). La OCDE aplicó una encuesta piloto a 24 países miembro en 2008 para comparar sus políticas públicas en nanotecnología. Además, orienta que los países miembro levanten encuestas sobre empresas de nanotecnología, lo cual México hizo por primera vez en 2011-12. En este artículo aplicamos el mismo cuestionario y buscamos responderlo en función del caso mexicano, y analizamos los resultados de la encuesta a empresas. El objetivo es ver hasta qué punto las políticas de nanotecnología seguidas por otros países de la OCDE también se aplican en México.

Llegamos a dos principales conclusiones. Por un lado, México está rezagado en materia de políticas públicas y apoyo financiero a las nanotecnologías, en relación a la mayoría de los países encuestados; no obstante, la cantidad de empresas que incorporan nanotecnologías es significativa. Por otro lado, a pesar de no haber en México ningún plan de desarrollo en el área la participación de México en la OCDE, en el Comité Técnico de la ISO sobre nanotecnologías, y en el Tratado de Libre Comercio de América del Norte está conduciendo a México por el camino de la regulación de las nanotecnologías a partir de estándares privados internacionales.

En cuanto a la metodología, se tomó como base el cuestionario realizado en 2008 por el Working Party on Nanotechnology de la OCDE (WPN, 2009). Se trata de una encuesta realizada a 24 países (21 miembros y 3 observadores) para supervisar el desarrollo de sus políticas de CTI (Ciencia, Tecnología e Innovación) referentes a nanotecnología. Se buscó responder a este cuestionario para el caso mexicano, a fin de analizar la importancia e instrumentos que utiliza el gobierno mexicano para promover el desarrollo de las nanotecnologías.

Además, se utilizó la Encuesta sobre Investigación y Desarrollo Tecnológico y Módulo sobre Actividades de Biotecnología y Nanotecnología (ESIDET) realizada en México por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía, de acuerdo con la metodología descrita en el Manual Frascati de la OCDE (INEGI, 2014). En esta encuesta se registra el número de empresas dedicadas a actividades de I+D (Investigación y Desarrollo) nanotecnológico, así como el gasto destinado a estas actividades por parte de dichas empresas. El análisis de estas dos encuestas y de la política de CTI referente a nanotecnología permite comparar a México dentro del contexto internacional de los países de la OCDE.

La OCDE y el fomento al conocimiento

La OCDE cuenta con 34 países miembro, donde México, Chile y Turquía son considerados países emergentes. La OCDE trabaja con e incluye información estadística de otros países que no son miembro, pero que son considerados como emergentes como Brasil, China e India, y economías en desarrollo de las regiones de África, Asia, Latinoamérica y el Caribe (OECD, s/f-d). La OCDE es financiada por sus países miembro. Las contribuciones nacionales se basan en una fórmula que tiene en cuenta el tamaño de la economía de cada país miembro. El mayor contribuyente es Estados Unidos, que proporciona casi el 22% del presupuesto, seguido por Japón. A diferencia del Banco Mundial o el Fondo Monetario Internacional, la OCDE no otorga subvenciones ni realiza préstamos (OECD, s/f-a).

El 18 de mayo de 1994, México se convirtió en el país miembro número 25 de la OCDE (OECD, s/f-c). Según esta organización, algunos de los beneficios específicos del ingreso de México a la OCDE son: la posibilidad de comparar las políticas públicas con la experiencia de las mejores prácticas en el ámbito internacional, el fortalecimiento de la administración pública, y el que distintos sectores del país puedan hacer uso de análisis de información relevante. En su conjunto, la OCDE habría hecho un buen trabajo al contribuir a un mejor entendimiento de algunos asuntos de políticas públicas en México (OECD, s/f-c).

La OCDE utiliza información sobre una amplia gama de temas para ayudar a los gobiernos a fomentar la prosperidad y la lucha contra la pobreza a través del crecimiento económico y la estabilidad financiera. Entre las políticas que deben fortalecerse para lograr un crecimiento integral la OCDE incluye a CTI. Dado que los países difieren en sus características estructurales, como el grado de industrialización, el tamaño del mercado interior, la estructura de las exportaciones (productos básicos frente a los productos manufacturados, contenidos tecnológicos, etc.), la edad media de la población (Población Económicamente Activa en relación a población total), el nivel de educación, el tamaño del país y la dotación de recursos, tales características pueden condicionar sus capacidades de I+D y sus políticas de CTI (Dutrénit & Puchet, s/f).

La filosofía de innovación de la OCDE se basa en: capacitar a las personas para innovar; dar rienda suelta a las innovaciones, crear y aplicar conocimientos, aplicar la innovación para hacer frente a los desafíos globales y sociales, y mejorar la gobernanza y la medición de las políticas de innovación (OECD, 2010c). La innovación es un aspecto clave en la filosofía de la OCDE, basado en que el análisis del desarrollo económico, de al menos las últimas dos décadas, muestra que los países desarrollados han reorientado sus actividades hacia los servicios y aquellas actividades del sector manufacturero que están impulsadas por alta tecnología, y donde el conocimiento y la innovación juegan un papel clave. Siguiendo otras instituciones internacionales como el Banco Mundial y la Unesco, la OCDE llama a estas economías más avanzadas de “economías basadas en el conocimiento” (OECD, s/f-g).¹

La nanotecnología, un sector de alta tecnología

Aunque existen diversos criterios para definir, mediante indicadores, qué son sectores de alta tecnología, se tiende a identificarlos con una parte destacada de inversión en conocimiento. Según la Comisión Europea, por ejemplo, los sectores de alta tecnología pueden ser definidos según tres enfoques:

- el enfoque sectorial, que identifica a las industrias o servicios intensivos en conocimiento, medido en porcentaje de empleos o ingresos con alto contenido de conocimiento en el valor total;
- el enfoque del producto, donde distingue comercio de productos de alta tecnología, según la participación de I+D dentro del valor total de ventas;
- o, el enfoque de patente, que identifica a las varias sub-clase de patentes referidas a alta tecnología, y donde en algunos casos se cruza información para

1 “OECD economies are increasingly knowledge-based, with a shift of economic activity to services, and to high-tech and innovative activities ... While manufacturing has declined in importance, its high-tech segment is very dynamic ...” (OECD, s/f-g, p.3).

agrupar patentes por temas específicos, como en el caso de la biotecnología (Eurostat, s/f).

El criterio de los Estados Unidos es semejante. El NAICS (North American Industry Classification System) clasifica según el contenido intensivo en I+D en el empleo (Hecker, 2005). Aunque los criterios e indicadores están siempre en revisión, el espíritu de la clasificación se mantiene: identificar las empresas y/o sectores innovadores y con tecnología de punta.

De manera que existe una estrecha conexión entre el concepto de alta tecnología y el de innovación, y, por defecto, competitividad y desarrollo (Eurostat, s/f; NSF, 1988).² El Banco Mundial tiene un *ranking* de países acorde al porcentaje de alta tecnología que contienen sus productos de exportación (e.g. computadoras, farmacéuticos, instrumentos industriales, maquinaria industrial y productos aeroespaciales).

En el 2004, por ejemplo, 34% de las exportaciones de Irlanda fueron productos de alta tecnología, 33% de Corea del Sur, 32% en los Estados Unidos, y México 21%³ (World Bank, 2013). Cuando se analiza un país en particular estos indicadores de alta tecnología pueden resultar engañosos.⁴ Países que arman partes de productos finales de alta tecnología, como es el caso de México con los electrónicos, aparecen como desarrollados, cuando buena parte del valor correspondiente a la I+D puede haber sido realizado fuera del país, y en casa sólo el ensamblado o maquila.

Si la maquinaria, aunque sofisticada, fuese también importada, tal país en cuestión no tendría mérito en I+D, a pesar de las industrias maquiladoras ser clasificadas como de alta tecnología. Así por ejemplo, en 2008, Singapur y Corea del Sur ocupaban el sexto y séptimo lugar en el ranking de países de alta tecnología, pero su éxito se debía al movimiento de productos y partes (Eurostat, s/f); y lo mismo se aplica para México con su industria maquiladora.⁵

Las nanotecnologías implican la comprensión y control de la materia en la nano escala para desarrollar aplicaciones novedosas (National Nanotechnology Initiative, s/f). Un nanómetro es la mil millonésima parte de un metro, lo cual es invisible al ojo humano. El virus de VIH puede medir alrededor de 100 nanómetros y un cabello humano puede tener 80 mil nanómetros de diámetro; mientras que un nanotubo de carbono creado por el ser humano mide tan sólo 1 nanómetro de diámetro. Lo novedoso de las nanotecnologías radica en las singulares propiedades físico-químicas que la materia manifiesta en este tamaño respecto a los mismos materiales en escala mayor. De hecho, todos los elementos químicos cuando trabajados en nanoescala desarrollan funciones físico químicas diferentes. La reactividad química se incrementa por poseer una superficie externa relativa a su tamaño total mayor,

2 "Creating, exploiting and commercialising new technologies has become essential in the global race for competitiveness. High-technology or 'high-tech' sectors are key drivers of economic growth, productivity and social protection, and are generally a source of high value added and well-paid employment" (Eurostat, s/f).

3 En el caso de México, el peso de la producción en maquila y el fuerte comercio intra-firma entre compañías estadounidenses sugiere un análisis precavido (Delgado Wise & Invernizzi, 2002). La encuesta ESIDET, que se analizará más adelante, excluye a las empresas maquiladoras de exportación.

4 "... high-tech investment criterion is not an unequivocal measure of whether an industry should be classified as high tech" (Hecker, 2005, p. 71).

5 Otra dificultad en relacionar alta tecnología con desarrollo está en que los indicadores incluyen toda la industria militar, lo cual difícilmente puede identificarse con desarrollo, como es el caso de Israel y USA en gran medida.

y propiedades eléctricas, magnéticas, ópticas, de resistencia y otras pueden variar significativamente.

El desarrollo de las nanotecnologías tomó vigor en el umbral del siglo XXI, pese a que la humanidad las ha aplicado desde tiempos antiguos. Distintos colores de los vitrales de la Edad Media se obtenían a partir de la aplicación de nanopartículas en la composición del vidrio. Pero no ha sido posible medir y utilizar las nanotecnologías de manera estandarizada hasta después del avance de los microscopios electrónicos y de tunelación de finales de los años ochenta del siglo XX. Por ello las nanotecnologías son la revolución tecnológica del siglo XXI, y los productos comercializados irrumpen a mediados de la primera década de este siglo.

Muchos países han adoptado estas tecnologías en sus políticas de investigación científica, al igual que empresas en sus plataformas manufactureras. Según el informe de la consultora BCC research, (2014) el mercado mundial de productos nanotecnológicos fue valuado en casi 23 mil millones de dólares en 2013, aumentando a 26 mil millones en 2014,⁶ pero en su mayoría estos productos son nano-materia prima que se incorpora a procesos de producción posteriores. El valor de los productos que incorporan nanotecnología y están en el mercado es difícil de estimar, algunas consultoras sugieren más de 1 500 billones (RNCOS, 2010).

Las políticas: formación y redes para la competitividad

En términos de política, el problema consiste en seleccionar y aplicar las prioridades y políticas adecuadas. Estas no sólo abarcan los temas y sectores clave en cada caso, sino también la formación calificada de personal, la creación de redes de investigación, las agencias que van a impulsar el proceso, las modalidades y montos de financiamiento y su aplicación, y los planes y plazos (Drilhon, 1991; Gassler et al., 2004).

Las políticas de innovación de la OCDE buscan fomentar la competitividad mediante la construcción de un sistema de innovación centrado en las empresas, a partir de incrementar el apoyo público a la innovación (financiero y de otro tipo), lo que daría paso a la inversión privada (OECD, 2009). Para orientar tales políticas de CTI los gobiernos deben realizar considerables inversiones. Los países desarrollados invierten entre el 2 y el 3 por ciento de su Producto Interno Bruto en I+D (World Bank, 2012), pero este no es el caso de la mayoría de los países en desarrollo, y tampoco de México.⁷

Las nanotecnologías son consideradas un sector de alta tecnología según las principales instituciones internacionales y, por lo tanto, prioritarias para los planes de CTI de los países, junto con las biotecnologías y las tecnologías de la información y comunicaciones (ICM, s/f; Macilwain, 1998; OEST, 2004). El apoyo mediante financiamiento y políticas públicas a estos sectores ilustra, según la OCDE, el impulso para el desarrollo en general y de la competitividad en particular.

6 A efectos comparativos, América Latina y el Caribe exportaron bienes por cerca de mil millones de dólares en 2014.

7 Para 2012 la inversión en I+D como porcentaje del PIB fue, por ejemplo, Israel 3,93; Finlandia 3,55; Alemania 2,92; USA 2,79; Francia 2,26; Canadá 1,73; UK 1,72 (World Bank, 2012).

2. Las nanotecnologías en México a la luz de los criterios de política pública de CTI de la OCDE

México ingresa a la OCDE en 1994. Años después, una evaluación del sistema científico-tecnológico recomienda varias acciones para crear una industria tecnológicamente competitiva en México, entre ellas: la creación de una institución que controle toda la CTI, la elaboración de una política en CTI vinculada a las demandas de la empresa, la búsqueda de financiamiento externo y la reestructuración del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) (OECD, 1994).

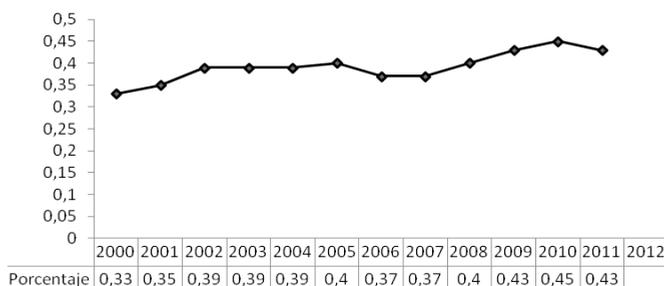
Para acomodar la política de CTI a las recomendaciones de la OCDE México solicitó 700 millones de dólares al Banco Mundial en 1997, para financiar la investigación científica y tecnológica, vincular la universidad con la empresa, reestructurar los centros públicos de investigación y mejorar la tecnología del sector privado (World Bank, 1998).

En México el gasto destinado a actividades de I+D es bajo. Para el 2012 ocupa el penúltimo lugar del conjunto de países de la OCDE (0,43% del PIB), únicamente por encima de Chile (0,41% del PIB) (OECD, 2014). Mientras en la mayoría de los países de la OCDE el gasto para I+D ronda el 2% del PIB (OECD, 2010a), en México ha sido inferior al 0,5% en los últimos 15 años (Gráfico 1). A pesar de haber establecido en 2001 el objetivo de invertir el 1% del PIB en I+D para el 2006 por recomendación de la OCDE, nunca se invirtió dicho porcentaje (OECD, 2009) —el nivel más alto fue en 2010 con 0,45%. Para revertir esta situación la OCDE recomienda a México realizar esfuerzos presupuestarios para apoyar la inversión en I+D, introduciendo reformas orientadas a garantizar una mayor eficiencia del gasto; por ejemplo mediante una mayor dependencia de apoyos directos en lugar de incentivos fiscales, la simplificación y reestructuración de los sistemas de ayuda directa, y la ampliación de los programas con el fin de mejorar las sinergias entre la ID pública y privada en áreas prioritarias como salud, energía, gestión del agua y suministro de alimentos (OECD, 2010a).

Sin embargo, esta orientación de la OCDE no ha sido atendida por los gobiernos de México. La gráfica 1 muestra la evolución de la inversión en I+D en la primera década del siglo.⁸

Gráfico 1.

Gasto nacional bruto en I+D como porcentaje del PIB –México-



Fuente: Elaboración propia en base a OECD.StatExtracts (OECD, s/f-e)

8 El presupuesto asignado para 2015 al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), que es el órgano rector en la materia en México, era un 4.9% superior en términos reales respecto a lo autorizado el año previo (2014), según la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP, 2013); pero la caída del precio del petróleo ha llevado a reajustar las expectativas hacia abajo y ya no se esperan incrementos en el rubro.

Creación del grupo de trabajo de Nanomateriales en la OCDE 2006

En la OCDE hay alrededor de 250 comités, grupos de trabajo y grupos de expertos. En política económica; medio ambiente; desarrollo; gobernanza pública y desarrollo territorial; comercio y agricultura; asuntos financieros y empresariales; política tributaria y administración; ciencia, tecnología e industria; empleo y cuestiones sociales; educación; transporte, y energía (OECD, 2012b).

Dentro del área de ciencia, tecnología e industria, el 14 de septiembre de 2006, la OCDE creó el Grupo de Trabajo en Nanomateriales Manufacturados (Working Party on Manufactured Nanomaterials -WPMN) subsidiario del Comité de Química. El objetivo de este Grupo de Trabajo es promover la cooperación internacional en salud humana y aspectos de seguridad ambiental de los nanomateriales manufacturados entre los países miembro y algunas otras economías (de acuerdo con la política de divulgación del Comité de Productos Químicos) (OECD, 2012b).

Un año más tarde, el 26 de marzo de 2007, la OCDE creó el Grupo de Trabajo sobre Nanotecnología (Working Party on Nanotechnology -WPN) subsidiario del Comité de Política Científica y Tecnológica (Committee on Scientific and Technological Policy) de la OCDE. El objetivo de este grupo es informar sobre las novedades en las políticas de CTI en relación al desarrollo responsable de la nanotecnología. (WPN, 2009). El WPN se encarga, además, de elaborar e implementar programas de trabajo que tienen por objetivo promover una cooperación internacional que facilite la investigación, el desarrollo y la comercialización responsable de la nanotecnología en los países miembro y algunas otras economías. (OECD, 2012b). El WPN interactúa con otros grupos, como el WPMN que analiza los potenciales riesgos de las nanopartículas y resulta de gran importancia para efectos regulatorios (OECD, s/f-f).

El WPN realizó, en 2008, una encuesta a 24 países (21 miembros y 3 observadores) para supervisar el desarrollo de sus políticas de Ciencia, Tecnología e Innovación referentes a nanotecnología (WPN, 2009).⁹ La encuesta estuvo centrada en los siguientes temas específicos para nanotecnología (Cuadro 1):

Cuadro 1 Temas sobre nanotecnología de la encuesta OCDE 2008

| | |
|----|---|
| 1 | Plan nacional |
| 2 | Participación social en la política |
| 3 | Relación entre sector privado y público |
| 4 | Riesgo a la salud y el medio ambiente |
| 5 | Cooperación internacional |
| 6 | Participación en foros internacionales |
| 7 | Regulación |
| 8 | Financiamiento directo |
| 9 | Calificación del trabajo |
| 10 | Apoyo a la empresa privada |
| 11 | Propiedad intelectual |

Fuente: elaboración propia.

⁹ Los países encuestados fueron: Alemania, Australia, Austria, Bélgica, Canadá, Corea, Dinamarca, Estados Unidos, Finlandia, Francia, Holanda, Hungría, Irlanda, Israel, Japón, Noruega, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Rusia, Sudáfrica, Suecia y Suiza.

3. Resultados de la encuesta de Nanotecnología 2008

A continuación analizaremos los temas anteriores en el orden señalado en el cuadro y aplicándolos al caso mexicano.

3.1. Plan Nacional

El primer tema de interés de la encuesta de la OCDE se refiere a si el país cuenta con una iniciativa, programa nacional o estrategia para el desarrollo de las nanotecnologías. La OCDE considera que un programa nacional que dé lineamientos de largo plazo, apoyo financiero y prioridades de CTI es clave para que un sector se desarrolle de manera sostenida.

Del total de 24 países encuestados 17 cuentan con un plan o estrategia nacional, pero 7 no lo tienen, a pesar que dentro de éstos hay algunos que tienen importante I+D en el área. Entre los países con plan nacional están los Estados Unidos, que pusieron en marcha su Iniciativa Nacional de Nanotecnología en el 2001, con un presupuesto de 464 millones de dólares (NNI, s/f-b). Alemania, que ha monitoreado el desarrollo de la nanotecnología desde 1998 mediante el Ministerio General de Educación e Investigación (Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)), promoviendo redes regionales y nacionales de competencia para la nanotecnología (Federal Ministry of Education and Research, s/f). Corea del Sur, que aprobó su Iniciativa Nacional de Nanotecnología en 2001, bajo la dirección del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CNCT), y en 2002 aprobó una Ley de Promoción del Desarrollo de la Nanotecnología y tiene planes de desarrollo a 10 años (StatNano, s/f).

Pero, no sólo países altamente desarrollados elaboraron un plan nacional. Sudáfrica creó la Iniciativa de Nanotecnología Sudafricana (South African Nanotechnology Initiative) en mayo de 2002, orientada a la resolución de problemas sociales en el país (DS&T, s/f); y Brasil elaboró la primera estrategia nacional para nanotecnología en América Latina en 2005, con el Programa Nacional de Nanotecnología (PNN) dependiente del Ministerio de Ciencia y Tecnología (MCT), aunque ya venía financiando redes de nanotecnología desde el 2001 (MCTI, 2012).

Bélgica, Canadá, Dinamarca, Hungría, Polonia, Suecia y Suiza no contaban, hasta el 2008, con una estrategia, iniciativa nacional, o reglamentación propia para la nanotecnología, pero eso no impidió que en todos ellos exista un importante desarrollo en la materia (WPN, 2009). Esto, de por sí, muestra que no son imprescindibles proyectos nacionales para el desarrollo de las nanotecnologías, siendo que lo importante es la articulación de las diferentes políticas, antes que cada una de ellas por separado.

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. Al igual que la mayoría de los países de América Latina México colocó en sus planes de CTI a las nanotecnologías como área prioritaria de desarrollo (Foladori & Invernizzi, 2013). El cuadro 2 muestra la referencia a las nanotecnologías en los planes de México.

Cuadro 2. Nanotecnología en los planes de CTI de México

| Plan | Mención a nanotecnología |
|--|--|
| <p>Programa Especial de Ciencia y Tecnología 2001-2006</p> | <p>El Programa Especial considera a las nanotecnologías como área prioritaria de desarrollo en el ámbito de los materiales avanzados.</p> <p>“se consideran áreas estratégicas del conocimiento: - la información y las comunicaciones - la biotecnología - los materiales - el diseño y los procesos de manufactura - la infraestructura y el desarrollo urbano y rural, incluyendo sus aspectos sociales y económicos” (CONACYT, 2002, p. 49).</p> <p>Hace especial énfasis en el potencial para el desarrollo del sector energético y en relación con el Instituto Mexicano del Petróleo.</p> <p>“Principales líneas de investigación [del Instituto Mexicano del Petróleo]</p> <p>.....</p> <p>Nanotecnología y sus aplicaciones” (CONACYT, 2002, p. 12).</p> |
| <p>Programa Especial de Ciencia y Tecnología 2001-2006 Tomo II</p> | <p>En este tomo II del Programa Especial de Ciencia y Tecnología se consideran a las nanotecnologías como un área estratégica de materiales avanzados. Allí se anotan las áreas que serían de interés para su desarrollo (catálisis, polímeros, materiales nanoestructurados, películas delgadas, semiconductores, metalurgia, biomateriales, materiales ópticos, cerámicos avanzados y simulación y modulación de materiales y procesos) y se hace una breve reseña de qué centros de investigación, con qué equipo humano y material cuenta cada uno de ellos y cuáles son las potenciales interacciones con la industria.</p> <p>“se recomienda la formación de un comité científico ad hoc, para promover e instrumentar el Programa Nacional de Nanociencias con las características mencionadas en este documento, así como apoyar decididamente la red nacional de nanotecnología y otros esfuerzos actuales en esta dirección” (CONACYT, 2001, p. 203)</p> <p>También se señala la necesidad de elaborar un Programa Nacional de Nanotecnología</p> <p>“Programa Nacional del área Materiales Avanzados.</p> <p>.....</p> <p>Otro elemento importante de promoción del tema es la reciente creación del Programa Nacional de Nanotecnología, que intenta conjuntar los esfuerzos de las diferentes instituciones nacionales trabajando en el tema”. [nunca se creó] (CONACYT, 2001, p. 192).</p> <p>Y una red de investigadores,</p> <p>“Cabe mencionar que el CONACYT está creando una Red de Nanociencias, considerando la atención a demandas específicas de las empresas” (CONACYT, 2001, p. 192).</p> |

| | |
|---|---|
| Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación 2008-2012 | El Programa 2008-2012 únicamente hace referencia al carácter prioritario de las nanotecnologías "Otros temas relevantes de fuerte dinámica y atención prioritaria son la biotecnología, la nanotecnología y los materiales" (CONACYT, 2008b). |
| Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación 2014-2018 | El programa de 2014-2018 se repite el carácter prioritario "De manera transversal, a través de los instrumentos existentes, se dará especial atención a los siguientes temas: Automatización y robótica, Desarrollo de la biotecnología, Desarrollo de la genómica, Desarrollo de materiales avanzados, Desarrollo de nanomateriales y de nanotecnología, Conectividad informática y desarrollo de las tecnologías de la información, la comunicación y las telecomunicaciones, Ingenierías para incrementar el valor agregado en las industrias, Manufactura de alta tecnología (CONACYT, 2014, p. 51). |

Fuente: elaboración propia.

Puede apreciarse que, salvo la enunciación de área prioritaria de desarrollo, no existe ningún detalle en los 18 años que abarcan los planes, y ninguna entidad desarrolló actividad alguna para implementar políticas concretas.

3.2. Participación social en las políticas de CTI

El segundo tema de interés de la encuesta de la OCDE es en relación a la participación social en las políticas de CTI. Desde los años noventa la participación social es uno de los requisitos de las instituciones internacionales, y uno de los instrumentos para que las nuevas tecnologías sean implementadas con el apoyo de la población, lo cual garantizaría un proceso democrático y apoyo, que de otra forma podría poner en riesgo su mismo desarrollo, como ha sido el caso de los organismos genéticamente modificados o la energía nuclear.

Muchos de los países encuestados tienen mecanismos para incorporar la participación de los diferentes sectores sociales. En el correr de la primera década de este siglo decenas de foros, seminarios, grupos multilaterales de trabajo se han realizado en países de la OCDE (Observatory Nano, s/f). Esto permite la participación de los directamente involucrados como científicos y empresarios, y también grupos de consumidores, ONGs y otros.

Así, por ejemplo, Holanda creó un observatorio de riesgo en 2007; Australia cuenta con foros de participación de la comunidad; Bélgica realizó un festival en 2007 donde se utilizaron los medios de comunicación incluyendo arte, circo, cine, material impreso y un sitio Web, no solo para proporcionar información sobre la nanociencia y la nanotecnología sino también para estimular el debate dentro de la sociedad civil; en Francia se organizan debates públicos locales; en el Reino Unido se ha buscado la opinión del público a través de actividades como jurados de ciudadanos (NanoJury Reino Unido), reuniones de discusión (Festival de Ciencia de Edimburgo 2006) y diálogos públicos sobre programas específicos de investigación (Engineering and Physical Sciences Research Council (EPSRC)); Japón, Corea del Sur y Hungría realizaron talleres, conferencias y discusiones; y la Unión Europea tiene consultas abiertas al público, talleres y grupos de expertos para discutir el desarrollo de la nanotecnología (WPN, 2009).

Los organismos e instituciones internacionales incorporan representantes de ONGs (Organizaciones No Gubernamentales), sindicatos y otras figuras de la sociedad civil

en sus grupos de trabajo; La OCDE ha elaborado una guía para incorporar la participación pública en las políticas de nanotecnología (OECD, 2012a). Según la encuesta levantada por la OCDE la mayoría de los países tienen programas de incorporación de la participación pública.

México tiene un mecanismo institucionalizado para cualquier tema de CTI. Bajo lineamiento de la OCDE, y a partir del 2002, ha creado los Foros Consultivos de CTI, con el propósito de “Ser un órgano de expresión y comunicación de los usuarios del sistema de ciencia, tecnología e innovación, con el objeto de propiciar el diálogo con los legisladores y las autoridades federales y estatales estrechando los lazos de colaboración entre los diversos actores” (FCCYT, s/f-a). Pero el Foro excluye a los sectores civiles organizados. “La Mesa Directiva está formada por 21 representantes de la investigación, la tecnología y el sector empresarial” (FCCYT, s/f-a); y la participación, según la ley que la creó, excluye a sectores organizados que no estén directamente involucrados en la investigación:

“Estará integrado por científicos, tecnólogos, empresarios y por representantes de las organizaciones e instituciones de carácter nacional, regional o local, públicas y privadas, reconocidas por sus tareas permanentes en la investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación” (Congreso de la Unión, 2014, p. 22).

El único espacio de integración del resto de la ciudadanía, más como comunicación que como participación, es una consulta popular, instaurada a partir del 2012, pero dirigida a la población en general, buscando la participación de las personas a manera individual, sin considerar Organizaciones No Gubernamentales y Sindicatos.¹⁰ A la fecha nada específico sobre nanotecnologías fue tratado.

3.3. Relación entre el sector privado y el sector público

El tercer tema de interés se refiere a la relación entre el sector privado y el sector público. En este tema todos los países encuestados tienen diferentes mecanismos; existen grupos de trabajo para vinculación empresarial en Reino Unido (The United Kingdom Nanotechnology Stakeholders Forum); actividades impulsadas por la industria, como la iniciativa para la creación de negocios nanotecnológicos en Japón; actividades de previsión y evaluación de actividades tecnológicas en Dinamarca, Finlandia (FinNano) e Irlanda (Nanolreland); comités directivos y consejos asesores para la dirección de programas de financiamiento o para estrategias de gobernanza de nanotecnología en Francia, Alemania, Rusia y Sudáfrica; vínculos con agencias de innovación y centros de investigación en Hungría, Israel y Suiza; talleres y foros en Australia, Austria, Canadá, República Checa, Finlandia, Alemania, Portugal y los Estados Unidos; y encuestas y entrevistas en Corea (WPN, 2009).

Nada parecido existe en México en relación con las nanotecnologías. No obstante, toda su política está orientada a la participación del sector empresarial junto con el gubernamental y la academia en las decisiones de CTI, y a subordinar la I+D a las demandas empresariales. Este proceso de orientación de la CTI de un modelo de science push, como era hasta mediados de la primera década de este siglo, hacia

10 “La **Agenda Ciudadana de Ciencia, Tecnología e Innovación** es una consulta a nivel nacional que se realiza por primera vez en México, en la que la población podrá elegir de entre 10 retos, el que considere se debe afrontar con la participación de la ciencia y la tecnología para alcanzar una mejor calidad de vida en el horizonte del año 2030” (FCCYT, s/f-b).

uno de market pull,¹¹ como se establece claramente a partir del 2008, se ha venido profundizando. La Ley de Ciencia y Tecnología del 2002, pero corregida sucesivamente en los años siguientes –última en 2014-, facilita la creación de empresas como spin-off de Centros Públicos de Investigación (Congreso de la Unión, 2014).¹²

3.4. El papel otorgado por las políticas públicas a las cuestiones éticas, legales y sociales

El cuarto tema de la encuesta tiene que ver con el papel otorgado por las políticas públicas a las cuestiones éticas, legales y sociales, sobre todo las de riesgo a la salud y el medio ambiente de las nanotecnologías. Nuevamente, la mayoría de los países encuestados destinan una parte del presupuesto a la investigación en exposición y riesgos de los nanomateriales.

Es el caso de Dinamarca, que cuenta con la Agencia Danesa de Protección Ambiental (Danish Environmental Protection Agency) que participa en las políticas de desarrollo de la nanotecnología involucrando al sector público. En Portugal se realiza un programa de “Monitoreo Ambiental y Calidad de los Alimentos y la Seguridad” como parte de la política de I+D nanotecnológico. En Finlandia la Finland’s Environmental Administration, en Irlanda la Environmental Protection Agency, y en Holanda la National Institute for Public Health and Environmental Protection son parte importante de la formulación e implementación de la política de nanotecnología del país (WPN, 2009).

En México ninguno de los documentos del CONACYT, que es la institución responsable por las políticas de CTI, incluye algo al respecto de exposición y riesgo de las nanopartículas manufacturadas. Sin embargo, tanto la participación de México en el TLALCAN como en el comité de la ISO, han conducido a decisiones sobre el tema, al margen de las políticas de CTI, como veremos más adelante.

3.5. Lazos de cooperación internacional en nanotecnología

El quinto tema de la encuesta tiene que ver con los lazos de cooperación internacional en nanotecnología (redes académicas internacionales, convenios de colaboración, etc.). Nuevamente, se trata de un aspecto de amplia aceptación por los países encuestados. México no es excepción. CONACYT tiene acuerdos de cooperación específicos en nanotecnología con Argentina (SRE CONACyT, 2012), Unión Europea (CONACYT, 2010), Brasil (CBM-Nano, 2009), Universidad de Manchester del Reino Unido (CONACYT, s/f-a); y con otros países existen convenios de colaboración que incluyen a las nanotecnologías como uno de los temas dentro de otros, como China (AMEXCID, 2012), Japón y Singapur (SRE, s/f-a).¹³

11 Science push significa que la ciencia ofrece resultados que la empresa debe utilizar. A diferencia el modelo maket pull sugiere que es la empresa quien determina qué debe ser investigador para satisfacer sus necesidades.

12 “VI. Autorizar en lo general el programa y los criterios para la celebración de convenios y contratos de prestación de servicios de investigación para la realización de proyectos específicos de investigación, desarrollo tecnológico, innovación o prestación de servicios técnicos, así como aprobar las asociaciones estratégicas y los proyectos, convenios o contratos que tengan la finalidad de establecer empresas de base tecnológica con o sin la aportación del centro en su capital social” (Congreso de la Unión, 2014 Cap IX, Art. 55, VI).

13 Los acuerdos entre universidades no están considerados en este apartado por ser iniciativas particulares de los institutos y no referentes a una política de CyT.

3.6. Participación en foros internacionales

El sexto tema de la encuesta de la OCDE tiene que ver con la participación en foros internacionales. Existen varios grupos de trabajo en nanotecnología en organizaciones internacionales, como en la Organización Mundial de la Salud, el de la Organización Internacional del Trabajo, UNIDO FAO o el SAICM (Enfoque estratégico para el manejo internacional de químicos).

De ellos México ha participado en las reuniones regionales del SAICM (Bejarano, 2012; Foladori, Bejarano, & Invernizzi, 2013), y en las reuniones relacionadas de la ICCM (International Conference on Chemicals Management (Foladori, 2015). Pero, a juzgar por los resultados en materia regulatoria que se analizarán más abajo, las recomendaciones del SAICM y las decisiones de la ICCM no han sido asumidas oficialmente en la práctica.

3.7. Regulación de las nanotecnologías

El séptimo tema de la OCDE comprende preguntas en torno a la regulación de las nanotecnologías. Aquí se incluye desde la propia definición de nanotecnologías y nanomateriales hasta la elaboración de regulaciones específicas. Este es uno de los temas de mayor discusión internacional. Existen diferencias de criterio en cómo definir a los nanomateriales y, por extensión, a las nanotecnologías. Debido a la amplitud e importancia del tema será abordado en un apartado independiente.

3.8. Financiamiento directo para las nanotecnologías

El siguiente tema de la encuesta, el 8vo, se relaciona con el financiamiento directo para las nanotecnologías. Muchos países han aportado recursos significativos. Los gobiernos del mundo han invertido más de 10 000 millones de dólares por año en I+D en nanotecnología en los últimos años (Científica, 2011). Estados Unidos ha gastado, desde 2001, 21 000 millones de dólares y destinará para el 2015 1 500 millones de dólares para su Iniciativa Nacional de Nanotecnología (NNI) (NNI, s/f-a). China invirtió 1 300 millones de dólares (ajustados a la capacidad de compra) para nanotecnología en 2011.

La Unión Europea, a través del Programa Marco 7, ha destinado unos 896 millones de euros para el período 2007-2011 (Nanociencias, Nanotecnologías, Materiales y Nuevas Tecnologías de Producción); y las nanotecnologías también reciben presupuesto de áreas como Tecnologías de la Información y las Comunicaciones y Energía y Biotecnología (European Commission, 2013).

México, por su parte, no cuenta con un registro de gastos en nanotecnología, aunque pueden identificarse dos financiamientos específicos. Por un lado, para la creación de la Red Nacional de Nanociencias y Nanotecnologías en 2009, con un presupuesto aproximado de 700 mil dólares por 5 años, donde cerca de 160 investigadores se incorporaron en los primeros años. Por otro lado, la creación de dos laboratorios nacionales de nanotecnología en 2007 (CIMAV e IPICYT) de aproximadamente 1,8 millones de dólares cada uno (CONACYT, 2008a). Muchos otros recursos dirigidos específicamente a las nanotecnologías han sido destinados a través de programas de CTI no específicos temáticamente. Algunos autores sugieren que se invirtieron 60 millones de dólares de fondos públicos en nanotecnologías entre 2005 y 2010 (Takeuchi & Mora Ramos, 2011).

Desde principios de este siglo México ha reorientado la mayoría de sus fondos de I+D para incluir y privilegiar la participación del sector privado empresarial, particularmente la gran empresa, mediante diversos fondos específicos dirigidos a la inves-

tigación aplicada (Loyola-Díaz & Paredes-López, 2009).¹⁴ Pero estos fondos no han sido dirigidos específicamente para las nanotecnologías. No obstante, existen varios fondos públicos para I+D dirigidos a asociaciones entre el sector empresarial y la academia. Hay fondos para fomento regional, para apoyo a clúster y cadenas productivas, para pequeñas y medianas industrias, y para grandes empresas. También existen fondos para agencias intermedias que apoyen la vinculación entre la I+D y la comercialización de los productos (Casalet, 2012; Stezano, 2009).

La mayoría de los programas de apoyo financiero a la investigación se vuelcan directamente hacia las empresas, o bien a sociedades entre académicos y empresas privadas. El FCCYT (Foro Consultivo Científico y Tecnológico) publicó un catálogo de programas que facilitan el vínculo de la I+D con el sector privado. Hay 40 programas que son parte del catálogo. Aunque el FCCYT argumenta que cualquier sector social o civil puede participar, la realidad muestra que existen 33 que son dirigidos al sector empresarial y sólo ocho al sector social (FCCYT, 2010: 17).

3.9. Calificación del trabajo en nanotecnología

El noveno tema de la encuesta es sobre la calificación del trabajo en nanotecnología. Australia cuenta con programas educativos y de capacitación en nanotecnología dentro del contexto de la “Revisión Nacional del Sistema de Innovación”. Japón estableció el programa Super Executive Engineer Development para capacitación de recursos humanos en nanotecnología, además de una escuela de verano del Instituto Nacional para la Ciencia de los Materiales. En Corea se tienen programas de nanotecnología para el trabajo industrial; así como escuelas y colegios de alta tecnología para la formación de ingenieros y mano de obra calificada. Bélgica lanzó un programa de Maestría en Nanociencias y Nanotecnologías bajo el Programa EU-Erasmus Mundus. En Canadá las Cátedras de Investigación Canadienses realizan un curso invernal en nanotecnología. La República Checa, Dinamarca, Finlandia, Francia, Alemania, Irlanda, Israel, Noruega, Portugal, Rusia, Sudáfrica, Suecia, Suiza, Reino Unido y Estados Unidos cuentan con programas educativos a nivel licenciatura y maestría, cursos y cátedras en nanotecnología (WPN, 2009).

México tiene cerca de 44 programas de doctorado, 43 programas de maestría y 12 programas de licenciatura en nanotecnología. Los 87 programas de posgrado relacionados con la nanotecnología están distribuidos en 27 instituciones. Los posgrados cuentan con 257 alumnos de doctorado y 216 de maestría. Sin embargo, los programas han sido diseñados como iniciativas individuales de las universidades, no como un programa de CONACYT (CONACYT, s/f-b).

La OCDE también pregunta sobre la incorporación de expertos extranjeros. Este tema tiene que ver con el entendido de la OCDE –y otras instituciones internacionales- de que existe una fuerte competencia a nivel internacional y entre instituciones por captar fuerza de trabajo científico-tecnológica calificada, como resultado de la globalización y la liberación de los mercados, y los países deben de elaborar estrategias para captar esta fuerza de trabajo con independencia de la nacionalidad y del lugar donde se encuentre. Marmolejo escribe:

“Uno de los cuatro escenarios para el futuro de la educación superior en el mundo que ha planteado la OCDE y que se antoja más factible en los países desarrollados, señala claramente que las instituciones de educación superior estarán compitiendo globalmente para proveer servicios de educación y de investigación usando pará-

14 Entre la década de los noventa y mediados de la segunda de este siglo México ha transitado de un modelo de science push hacia uno de market pull.

metros comerciales y, para ellos, estarán procurando agresivamente atraer y retener talento académico en donde este se encuentre” (Marmolejo, 2009: 105).

En la década de los noventa CONACYT elaboró un “Programa de Repatriación” que, entre 1991 y 2002, apoyó a 1 321 académicos mexicanos y a 934 investigadores extranjeros. Casualmente, algunos de estos científicos son hoy en día investigadores en nanotecnologías. Más recientemente, en 2005, se creó una Red de Talentos Mexicanos en el Exterior, con el propósito de articular la investigación científica con los mexicanos que, además de ser científicos, tienen estrechas relaciones con el sector empresarial en el extranjero (SRE, s/f-b).

3.10. Apoyo a la empresa privada

El décimo tema, que incluye varias preguntas, tiene que ver con el apoyo a la empresa privada. Se pregunta sobre si existe una evaluación de las necesidades empresariales. Este es un tema difícil de encarar en cualquier país, por no haber registros obligatorios de empresas que trabajan con nano, lo que constituiría el punto de partida para obtener información e interlocutores.¹⁵ Tampoco existen estudios sobre las cadenas de valor de las nanotecnologías, de manera que no se sabe cómo se encadena la producción de nano-materia prima con los productos intermedios y finales, con los instrumentos de manipulación y medición, y la producción con la comercialización, lo cual también es un insumo clave para estudiar las necesidades empresariales.¹⁶ En México no hay análisis de evaluación de necesidades empresariales en nanotecnología.

Otro aspecto relacionado es si la orientación de la política de CTI está dirigida a sectores específicos o ramas de la economía, como se asienta, por ejemplo, en el Plan de Nanotecnología de África del Sur. A pesar que en el Programa Especial de Ciencia y Tecnología del 2001-2006 se señalaban áreas específicas de desarrollo, en la medida en que no hubo ni financiamiento específico ni seguimiento e implementación con un plan nacional no ha habido ninguna orientación que privilegie determinadas ramas.

3.11. Propiedad intelectual

El último tema tiene que ver con la propiedad intelectual. La Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (WIPO por sus siglas en inglés) tiene registradas, entre 1994 y 2011, un total de 175 patentes de nanotecnología en México (WIPO, s/f), y el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI) cuenta con 72 títulos otorgados entre 2001 y 2014 (IMPI, 2015).

En el contexto latinoamericano, y en relación con las nanotecnologías, en el periodo 2000-2007 México ocupaba el segundo lugar en patentes nanotecnológicas (28 títulos), después de Brasil (89 títulos). A estos países le sigue, en orden descendente y para América Latina, Argentina (12 patentes), Chile (10 patentes), Panamá (con 9), Cuba (con 7), Puerto Rico y Uruguay (con 2 títulos cada uno), Honduras y Venezuela (con una patente cada uno) (OEI, 2009).

Un elemento que seguramente impulsará el registro de patentes es la modificación de la Ley de Ciencia y Tecnología, que ahora permite que los investigadores se apropien de una tajada sustancial del licenciamiento de las patentes de los Centros Públicos de Investigación. La Ley dice:

15 Recién empieza a haber registros de empresas en Francia, Bélgica, Dinamarca y otros países.

16 Una excepción es “California in the nano economy” trabajo realizado por Stacey Frederick <http://californiananoconomy.org/>

“Para promover la comercialización de los derechos de propiedad intelectual e industrial de los centros, los órganos de gobierno aprobarán los lineamientos que permitan otorgar al personal académico que los haya generado hasta el 70% de las regalías que se generen” (Congreso de la Unión, 2014 Cap IX, Art 51).

4. Riesgos y regulación en nanotecnología

Uno de los principales temas de discusión internacional en materia de nanotecnología es su regulación. Existen varias razones por las cuales la regulación de las nanotecnologías resulta de gran urgencia; pero son tres las prioritarias.

a) La primera es que varias nanopartículas han resultado ser tóxicas en análisis de laboratorio, lo que sugiere que pueden serlas para diversos organismos vivos, inclusive humanos (Kulinowski, 2009; Maynard et al., 2006; Oberdörster, Oberdörster, & Oberdörster, 2005).

b) La segunda razón es que los tratados comerciales requieren una cierta homogeneización de criterios y reglamentaciones para no entorpecer el flujo de mercancías. Como actualmente se está negociando un tratado de libre comercio entre los Estados Unidos y Europa, lo cual abarcaría el 60% del comercio mundial, la reglamentación de las nanotecnologías forma parte de la agenda de dicho tratado y, por extensión, el tema estará en otros tratados con los cuales dichas regiones comercialicen, o sea, prácticamente el resto del mundo (EP Think Tank, 2014).¹⁷

c) La tercera razón es que los productos con nanotecnología están rápidamente entrando al mercado en los más variados sectores y prácticamente sin regulación, lo cual presiona para encarar rápidamente el asunto (TAENK, n.d.; WWICS, 2015).

Desde hace 40 años la OCDE juega un papel importante en la regulación de productos químicos a través de su Programa de Seguridad Ambiental y Salud. Con ello busca fomentar las buenas prácticas de laboratorio en el desarrollo de químicos, incluyendo a los nanomateriales (CIEL et al., 2015). Como los nanomateriales se empezaron a utilizar en aplicaciones comerciales desde mediados de la primera década del siglo XXI, la OCDE puso en marcha un programa de trabajo en 2006, para garantizar investigación científica de alta calidad y basada en criterios internacionalmente armonizados, que enfoque el peligro, la exposición y la evaluación de riesgos de los nanomateriales manufacturados (OECD, 2012c).¹⁸ Este programa pone en común conocimientos y financia pruebas de seguridad de los materiales manufacturados.

17 Las reglamentaciones también son usadas para limitar la competencia extranjera y aumentar la competitividad del propio país (Véase, por ejemplo, GAO, 2014; Karlaganis & Liechti, 2013). De allí que los tratados de libre comercio presionen para homogeneizar las normativas entre los países asociados.

18 El Programa de Fomento para la Prueba de Nanomateriales Manufacturados de la OCDE busca probar una selección de 13 nanomateriales representativos: 1) Fullerenos; 2) Nanotubos de carbono de una pared; 3) Nanotubos de carbono de paredes múltiples; 4) Nanopartículas de plata; 5) Nanopartículas de hierro; 6) Nanopartículas de dióxido de titanio; 7) Nanopartículas de dióxido de aluminio; 8) Nanopartículas de dióxido de cerio; 9) Nanopartículas de óxido de zinc; 10) Nanopartículas de silicón; 11) Dendrímeros; 12) Nanoarcillas, y; 13) Nanopartículas de oro. Los criterios de valoración incluyen: estudio de propiedades físico-químicas, degradación ambiental y acumulación, toxicidad ambiental y toxicidad para los mamíferos (OECD, 2012c).

4.1. Implicaciones de la definición de nanotecnología

Uno de los puntos de partida, tanto de los análisis como de la reglamentación de las nanotecnologías, es la inexistencia de un criterio común para definir a las nanotecnologías y los nanomateriales. Un documento realizado por el Grupo de Trabajo de la OCDE en 2009 reseña una serie de definiciones de nanotecnología de instituciones de países a la vanguardia de la investigación en el tema y de instituciones internacionales. Incluye a National Nanotechnology Initiative de los Estados Unidos, al 7th Framework Programme de la Unión Europea, a la ISO TC229, al 2do. Plan Básico de CyT de Japón, y a la Estrategia del Reino Unido para la Nanotecnología (WPN, 2009). Las diferencias entre las definiciones complican el trabajo colectivo y la reglamentación.

Las diferencias van desde el tamaño (menos de 100 nm, alrededor de 100, o sin tamaño específico), pasando por si presentan función novedosa, si se incluye el estudio de riesgos, etc. Las diferencias son una barrera para la comparación de estudios internacionales, para la homogeneización comercial, para las políticas de riesgo y para la legislación en general.

La OCDE, por su parte, considera a los nanomateriales manufacturados como productos químicos en la nanoescala (1-100 nm), que pueden ser:

- materiales con propiedades novedosas desarrolladas a partir de materiales “antiguos” (negro de carbono, productos de caucho y plásticos);
- nuevos materiales (fulerenos; terapias moleculares);
- materiales existentes (TiO₂; foto-degradación de contaminantes) (OECD, 2012c).

La discusión en torno al tamaño es sólo uno de los problemas, otro de gran importancia es la proporción de nanopartículas en la matriz. La legislación Europea –actualmente en revisión- habla de 50%, pero diversos grupos reclaman que debe bajarse al 1%. Otras dificultades tienen que ver con considerar a los nanomateriales de igual forma que los elementos en tamaño mayor, como lo hace la reglamentación en Estados Unidos y la Unión Europea, siendo que se reconoce que los nanomateriales manifiestan propiedades novedosas. Estas y otras dificultades en la reglamentación generan incertidumbre para productores y comercializadores, y es campo fértil para los litigios y superposición de patentes (Monica, Lewis, & Monica, 2006).

Además, la OCDE coordina sus trabajos con la International Standards Organisation (ISO), especialmente en el contexto de evaluación y métodos de prueba de las propiedades físico-químicas de los nanomateriales (OECD, 2010b). Aunque voluntarios, estos métodos de validación tienden a integrarse a los procesos de regulación y de evaluación de riesgo en los países de la OCDE (Bell & Marrapese, 2011).

México ha venido participando en el comité de la ISO de nanotecnología, y ha utilizado las definiciones de la ISO para emitir las normas mexicanas. En 2007 se crea el Comité Técnico Nacional de Normalización en Nanotecnologías (CTNNN), para la regulación de las nanotecnologías en el país. Esta iniciativa es dirigida por el Centro Nacional de Metrología (CENAM) de la Secretaría de Economía, tomando las recomendaciones de la OCDE y la ISO (Anzaldo, 2014). En 2013 el CTNNN se constituye bajo la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y crea sus reglas de operación, con facultades para crear normas mexicanas para las nanotecnologías y participar activamente en los trabajos del comité ISO TC 229.

En octubre de 2014 la Secretaría de Economía, la Subsecretaría de Competitividad y Normatividad y la Dirección General de Normas emitieron la declaratoria de vigencia de las normas mexicanas NMX-R-10867-SCFI-2014, para la Caracterización de nanotubos de carbono de una capa mediante espectroscopia de fotoluminiscencia en el infrarrojo cercano; la norma NMX-R-10929-SCFI-2014, para la caracterización de muestras de nanotubos de carbono de múltiples capas; la NMX-R-27687-SCFI-2014, que plantea una terminología y definiciones para nano-objetos-Nanopartícula, nanofibra y nanoplaca; la norma NMX-R-80004-1-SCFI-2014, denominada Nanotecnologías; Vocabulario-Parte 1: Conceptos básicos y finalmente; y la norma NMX-R-80004-3-SCFI-2014, Nanotecnologías-Vocabulario-Parte 3: Nano-objetos de carbono (SEGOB, 2014). Todas estas normas mexicanas homologan las equivalentes de la ISO. Es sabido que este tipo de estándares de instituciones internacionales, a pesar de ser voluntarias, terminan imponiéndose como legislación de los países. La Organización Mundial de Comercio reconoce como estándares internacionales válidos únicamente los de la ISO, lo cual coloca a estos estándares domésticos como cuasi-legales (Bell & Marrapese, 2011; Kica, 2015).

La participación de México en el TLCAN ha llevado a la negociación con los Estados Unidos como su principal socio comercial en materia de nanotecnología. Se creó un Consejo de Alto nivel de Cooperación Regulatoria en 2010, dentro de cuyo plan de trabajo se encuentran las nanotecnologías. Como resultado del trabajo de un equipo nombrado específicamente para las nanotecnologías, y coordinado por el CENAM, la Secretaría de Economía emite unos lineamientos voluntarios en diciembre de 2012; semejante, en gran medida, al memorándum preliminar que los Estados Unidos entregaron como guía de trabajo (Anzaldo, 2014; Foladori & Záyago Lau, 2014; GTRN, 2012). Este documento, aunque voluntario, puede pasar a tener peso importante en las decisiones de reglamentación del gobierno mexicano, en particular porque es resultado de un acuerdo de negociación con el Departamento de Comercio –entre otras instituciones- del Gobierno de los Estados Unidos.

4.2. Las nanotecnologías en el mercado. Estudio OCDE 2012

Otra faceta de trabajo de la OCDE respecto de las nanotecnologías es la sistematización de información estadística. Con tal propósito se comienzan a levantar encuestas a empresas que trabajan con nanotecnología, para evaluar la presencia en el mercado y aspectos relacionados con inversión y empleo en el ramo. En 2012 la OCDE realizó una encuesta para determinar el número de empresas con actividades de I+D y producción de nanotecnología. Los resultados aparecen en la página Web de la OCDE en su apartado “Key Nanotechnology Indicators”.

En esta encuesta México está en octavo lugar con 188 “empresas nanotecnológicas”, después de Japón y Corea; el ranking lo encabezan los Estados Unidos, Alemania y Francia (OECD, s/f-b). Los datos para México fueron recopilados a partir de una encuesta realizada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (Encuesta sobre Investigación y Desarrollo Tecnológico y Módulo sobre Actividades de Biotecnología y Nanotecnología –ESIDET-) y en base a una muestra, a partir de

la distribución del marco de muestreo para el sector productivo por rama OCDE.¹⁹ En el caso del sector productivo, la unidad de observación es la empresa con 20 o más personas ocupadas, dedicada principalmente a actividades industriales, mercantiles o de prestación de servicios con fines lucrativos o no (INEGI, 2014).²⁰

En referencia a la cantidad de empresas que venden productos con nanocomponentes, y en comparación con los países que cuentan con una estrategia nacional para la nanotecnología, México únicamente está por arriba de Sudáfrica, que tiene 10 empresas nanotecnológicas. Los demás países superan por mucho a México, siendo el más cercano Corea, que tiene más del doble de empresas (468). De los países que no cuentan con estrategia nacional para nanotecnología México es líder en número de empresas, seguido de Suiza. El cuadro 3 compara la situación de México en relación a otros países de la OCDE en cuanto a empresas de nanotecnología.

Cuadro 3. Empresas con actividad nanotecnológica según la OCDE 2012

| País | Empresas Nanotecnológicas |
|----------------|---------------------------|
| Estados Unidos | 5,340 |
| Alemania | 1,110 |
| Francia | 649 |
| Brasil | 522 |
| Rusia | 486 |
| Corea | 468 |
| Japón | 197 |
| México | 188 |
| Suiza | 141 |
| Italia | 136 |
| Bélgica | 125 |
| Irlanda | 79 |

19 "Para el sector productivo, la unidad de muestreo es la empresa con 20 y más personas ocupadas, y para los sectores de educación superior, privado no lucrativo y gobierno la unidad de muestreo es la institución. El marco de muestreo para el sector productivo está compuesto por las empresas que integran los directorios de resultados definitivos de los Censos Económicos 2009 (CE 2009), sin considerar los sectores de maquiladoras de exportación, educación superior, gobierno e instituciones sin fines de lucro; también se incorporaron las empresas proporcionadas por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y aquellas que han sido parte de la misma encuesta en al menos 2 eventos anteriores. Tomándose también en cuenta el listado de 703 empresas proporcionado por el CONACYT que han recibido algún apoyo económico para la realización de IDT (Investigación y Desarrollo Tecnológico)" (INEGI, 2014, p.7). Debe destacarse que no entran en la encuesta de INEGI las maquiladoras destinadas a la exportación de sus productos.

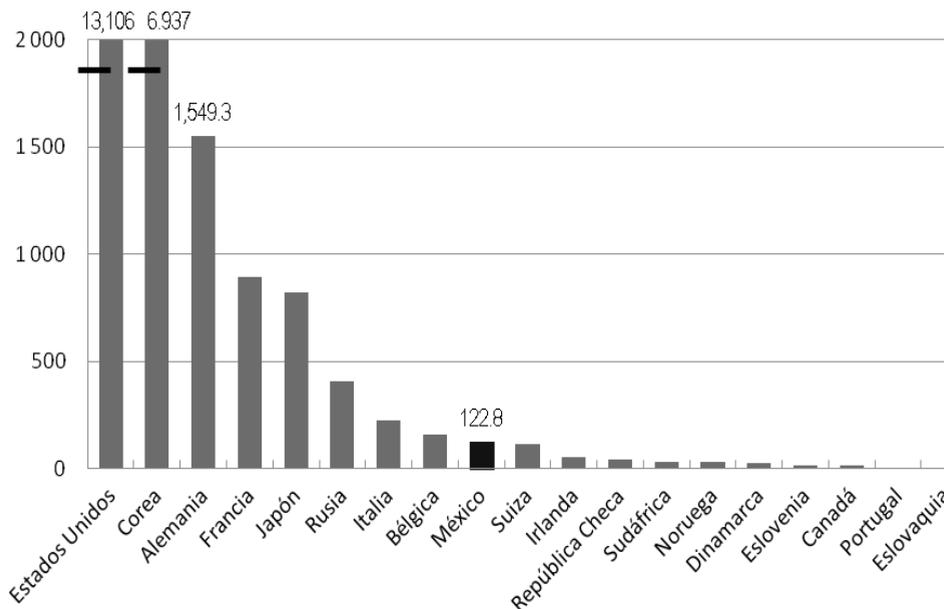
20 Las recomendaciones internacionales emitidas por la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), vertidas en el Manual de Frascati, hacen referencia a cuatro principales sectores de estudio: sector productivo, gobierno, educación superior e instituciones privadas no lucrativas (...) El sector productivo comprende a las empresas, organismos e instituciones clasificadas en los sectores de: minería, manufacturas, construcción, electricidad, servicios, transportes y comunicaciones cuya actividad principal consiste en la producción mercantil de bienes y servicios (INEGI, 2014, p.3).

| | |
|-----------------|----|
| Noruega | 68 |
| República Checa | 64 |
| Dinamarca | 51 |
| Polonia | 48 |
| Canadá | 42 |
| Portugal | 31 |
| Eslovenia | 15 |
| Sudáfrica | 10 |
| Eslovaquia | 5 |

Fuente: Key Nanotechnology Indicators (OECD, s/f-b)

Los indicadores de la OCDE también presentan el financiamiento destinado a actividades de I+D en nanotecnología por parte de dichas empresas. En México se estima que se gastó un total de 122.87 millones de dólares en 2011-2012; inversión que supera la de países como Suiza, Irlanda y la república Checa entre otros (Gráfico 2). Si esta estimación es correcta, resultaría que la inversión privada en I+D en nanotecnología superaría con creces la inversión pública que, como anotamos arriba, podía estar en torno de los 60 millones de dólares entre 2005 y 2010, y también contradiría la idea muy extendida de que en los países de América Latina la empresa privada no invierte en I+D.

Gráfico 2. Gastos en I y D nanotecnológica en el sector empresarial (millones de dólares)



Fuente: Key Nanotechnology Indicators (OECD, s/f-b)

Si consideramos que en México el porcentaje de inversión en CTI (0,4% del PIB aproximadamente) está muy por debajo del de muchos otros países, como la mayoría de los europeos del gráfico anterior e inclusive de Sudáfrica, resulta que lo apr-

tado para las nanotecnologías no es despreciable en el caso mexicano, así como no lo es la cantidad de empresas en el ramo.

5. Conclusiones

México es país miembro de la OCDE, y este organismo ha monitoreado y sugerido cambios en la política de Ciencia y Tecnología. Sin embargo, el gasto en I+D no ha superado el 0.5% del PIB, a pesar de las promesas de alcanzar el 1%. En nanotecnología, un área de rápido crecimiento mundial y relacionado con tecnologías de punta, las promesas gubernamentales de crear un programa nacional de promoción tampoco se han cumplido. Otro de los aspectos reclamados por la OCDE son mecanismos de participación social en las políticas de Ciencia y Tecnología. Aunque existen algunos mecanismos institucionalizados para ello, nada se ha hecho en relación a las nanotecnologías, dejando así temas de preocupación claramente social, como los potenciales riesgos de las nanopartículas manufacturadas sin cobertura. La participación mexicana en los foros internacionales de discusión sobre el tema, como el SAICM, no ha tenido seguimiento por las secretarías correspondientes del gobierno.

Lo anterior no significa que el gobierno mexicano no haya apoyado con algunos fondos el desarrollo de las nanotecnologías. Ha creado laboratorios nacionales multiusuarios y financiado una red de investigación sobre el tema. La empresa privada, por su parte, produce y comercializa productos de las nanotecnologías en el mercado mexicano y también exporta. Según encuestas encomendadas por la OCDE cerca de 180 empresas lo están haciendo. De manera que, si se mira la trayectoria en su conjunto, puede verse que la propuesta gubernamental ha sido la dejar que el propio mercado dictamine el camino de desarrollo de las nanotecnologías, sin apoyo ni control estatal.

Referencias

- Agencia Mexicana de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AMEXCID). (2012). Aprueban México y China Acuerdo sobre Cooperación Científica y Tecnológica. Recuperado el 2 de febrero de 2015, a partir de <http://amexcid.gob.mx/index.php/es/prensa/comunicados/1373-mexico-china-acuerdo-cooperacion-cientifica-tecnologica-conacyt-comision-binacional>
- Anzaldo, M. (2014, diciembre). *Gobernanza de la regulación de las nanotecnologías en México: el Comité Técnico de Normalización para las Nanotecnologías*. Presentado en Primer Seminario Iberoamericano Diálogos Sobre Nanotecnologías, Doctorado en Estudios del Desarrollo. Universidad Autónoma de Zacatecas.
- BCC Research. (2014, noviembre). Nanotechnology: A Realistic Market Assessment. BCC Research. Recuperado a partir de <http://www.reportlinker.com/p096617/Nanotechnology-A-Realistic-Market-Assessment.html>
- Bejarano, F. (2012). Las nanotecnologías como tema emergente en la agenda ambiental internacional y los restos de la sociedad civil en América Latina. En G. Foladori, E. Zá-yago, & N. Invernizzi (Eds.), *Perspectivas sobre el desarrollo de las nanotecnologías en América Latina*. México, DF: Miguel Angel Porrúa.

- Bell, C., & Marrapese, M. (2011). Nanotechnology standards and international legal considerations. En V. Murashov & J. Howard (Eds.), *Nanotechnology Standards* (pp. 239–255). New York, NY: Springer New York. Recuperado a partir de http://download.springer.com.proxy.lib.sfu.ca/static/pdf/326/chp%253A10.1007%252F978-1-4419-7853-0_10.pdf?auth66=1423168028_30d9fd205388ab0b70c51c783c76ba33&ext=.pdf
- Casalet, M. (2012). Las relaciones de colaboración entre la universidad y los sectores productivos: una oportunidad a construir en la política de innovación. En J. Carrillo, A. Hualde, & Villavicencio (Eds.), *Dilemas de la innovación en México*. Tijuana, BC: El Colegio de la Frontera Norte. Recuperado a partir de <http://www.colef.mx/jorgecarrillo/wp-content/uploads/2013/09/PU375-1.pdf#page=109>
- CBM-Nano. (2009). Resultados de la primera reunión » Centro virtual brasileño-mexicano de nanotecnología. Recuperado a partir de <http://cbmnano.cimav.edu.mx/2010/01/29/hello-world/>
- CIEL, ECOS, & Öko-Institut e.V. (2015, enero). Nanotechnology regulation and the OECD. Center for International Environmental Law, European Environmental Citizens' Organisation for Standardisation, Öko-Institut e.V. Recuperado a partir de http://www.ciel.org/Publications/Nano_OECD_Nov2014.pdf
- Científica. (2011, julio). Global Funding of Nanotechnologies & its Impact. Científica Ltd. Recuperado a partir de <http://cientifica.com/wp-content/uploads/downloads/2011/07/Global-Nanotechnology-Funding-Report-2011.pdf>
- CONACYT. (2001). *Programa especial de ciencia y tecnología. Tomo II*. México D.F.: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- CONACYT. (2002, diciembre 12). DECRETO por el que se aprueba y se expide el programa denominado Programa Especial de Ciencia y Tecnología 2001-2006. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Diario Oficial de la Federación. Recuperado a partir de <http://www.conacyt.gob.mx/siicyt/index.php/centros-de-investigacion-conacyt/programa-especial-de-ciencia-y-tecnologia/programa-especial-de-ciencia-y-tecnologia-2001-2006>
- CONACYT. (2008a). Informe de Labores 2008. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Recuperado a partir de <http://www.conacyt.gob.mx/siicyt/index.php/estadisticas/publicaciones/informe-de-labores-conacyt/1780-informe-labores-2008/file>
- CONACYT. (2008b, septiembre 26). Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación 2008-2012. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Recuperado a partir de <http://www.conacyt.gob.mx/siicyt/index.php/centros-de-investigacion-conacyt/programa-especial-de-ciencia-y-tecnologia/programas-de-ciencia-y-tecnologia-2008-2012>
- CONACYT. (2010). Convocatoria México- Unión Europea nanotecnología. Recuperado el 2 de febrero de 2015, a partir de http://2006-2012.conacyt.gob.mx/CooperacionInternacional/Paginas/Mexico_UnionEuropea.aspx
- CONACYT. (2014). Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación 2014-2018. Recuperado el 24 de enero de 2015, a partir de <http://www.conacyt.gob.mx/siicyt/index.php/centros-de-investigacion-conacyt/programa-especial-de-ciencia-y-tecnologia/peciti-2014-2018>
- CONACYT. (s/f-a). Becas CONACYT-Universidad de Manchester 2014. Recuperado el 3 de febrero de 2015, a partir de http://www.uan.edu.mx/d/a/sip/convocatorias/2014/Becas_Conacy_-_Universidad_de_Manchester_2014.pdf

- CONACYT. (s/f-b). Red temática de nanociencias y nanotecnología. Dirección de Redes. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Recuperado a partir de <http://www.nano-red.org.mx/>
- Congreso de la Unión. (2014, mayo 20). Ley de Ciencia y Tecnología. Recuperado a partir de <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/242.pdf>
- Drilhon, G. (1991). Choosing priorities in science and technology - (problems in allocating funds for research and development projects). *OECD Observer*, 179(4). Recuperado a partir de http://scholar.google.ca/scholar?cluster=2157320831899862238&hl=es&as_sdt=0
- DS&T. (s/f). *The National Nanotechnology Strategy*. Pretoria: Department of Science & Technology. Republic of South Africa. Recuperado a partir de http://www.sani.org.za/National_Nanotechnology_Strategy.pdf
- Dutrénit, G., & Puchet, M. (s/f). Approaching the measurement of the critical mass of science, technology and innovation: how far off is Mexico? Recuperado a partir de <http://www.ungs.edu.ar/globelics/wp-content/uploads/2011/12/ID-195-Dutrenit-Puchet-The-links-between-microeconomic-and-macroeconomic-policies.pdf>
- EP Think Tank. (2014, noviembre). ENVI relevant legislative areas of the EU-US trade and investment partnership negotiations (TTIP). European Parliament. Recuperado a partir de [http://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document.html?reference=IPOL_STU\(2014\)536293](http://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document.html?reference=IPOL_STU(2014)536293)
- European Commission, D.-G. for R. and I. I. technologies. (2013). Nanotechnology: the invisible giant tackling Europe's future challenges. European Commission.
- Eurostat. (s/f). High-tech statistics - Statistics explained. Recuperado el 11 de noviembre de 2014, a partir de http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/index.php/High-tech_statistics
- FCCYT. (2010). Catálogo de programas para el fomento empresarial y la vinculación, 2010. Foro Consultivo Científico y Tecnológico. Recuperado a partir de http://www.conacyt.gob.mx/siicyt/images/pdfs/empresarios/catalogo_2011.pdf
- FCCYT. (s/f-a). ¿Qué es el Foro Consultivo? Recuperado el 2 de febrero de 2015, a partir de <http://www.foroconsultivo.org.mx/home/index.php/about-foro/que-es-el-fccyt>
- FCCYT. (s/f-b). ¿Qué es la Agenda Ciudadana de Ciencia, Tecnología e Innovación? Recuperado el 2 de febrero de 2015, a partir de <http://www.foroconsultivo.org.mx/home/index.php/politicas-publicas/agenda-ciudadana>
- Federal Ministry of Education and Research. (s/f). Nano-Initiative – Action Plan 2010. VDI Technologiezentrum GmbH. Recuperado a partir de http://www.centech.de/media/nanoinitiative__action_plan_2010.pdf
- Foladori, G. (2015). SAICM en América Latina y las nanotecnologías. En *Trabajo, riesgos y la regulación de las nanotecnologías en América Latina* (Vol. en prensa). México D.F: Miguel Ángel Porrúa.
- Foladori, G., Bejarano, F., & Invernizzi, N. (2013). Nanotecnología: gestión y reglamentación de riesgos para la salud y el medio ambiente en América Latina y el Caribe. *Trabalho, Educação e Saúde*, 11(1), 145–167.
- Foladori, G., & Invernizzi, N. (2013). Inequality gaps in nanotechnology development in Latin America. *Journal of Arts and Humanities*, 2(3), 36–45.

- Foladori, G., & Záyago Lau, E. (2014). The regulation of nanotechnology in Mexico. *Nanotechnology Law & Business*, 11(2), 164–171.
- GAO. (2014). Nanomanufacturing. Emergence and Implications for U.S. Competitiveness, the environment, and human health. Highlights of a forum. United States Government Accountability Office. GAO-14-181SP. Recuperado a partir de www.gao.gov/assets/670/660591.pdf
- Gassler, H., Polt, W., Schindler, J., Weber, M., Mahroum, S., Kubeczko, K., & Keenan, M. (2004). Priorities in science & technology policy. An international comparison. Joanneum Research Forschungsgesellschaft mbH. Institut für Technologie Und Regionalpolitik. Project Nr. RTW.2003. AF.014-01Viena.
- GTRN. (2012, noviembre 26). Lineamientos para regulaciones sobre nanotecnologías par impulsar la competitividad y proteger al medio ambiente, la salud y la seguridad de los consumidores. Grupo de Trabajo sobre regulaciones para la nanotecnología-Secretaría de Economía. Recuperado a partir de http://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/normalizacion/dgn/2012_11_27_Lineamientos_regulaciones_nanotecnologia.pdf
- Hecker, D. (2005). High-technology employment: a NAICS-based update. *Monthly Labor Review*, 57–72.
- ICM. (n/d). Iniciativa Científica Milenio. Memoria Bianual 1999-2000. MIDEPLAN. ICM (Iniciativa Científica Milenio). Recuperado a partir de <http://www.mideplan.cl/milenio/?q=node/34>
- IMPI. (2015). Sistema de Información de la Gaceta de la Propiedad Industrial. Recuperado el 3 de febrero de 2015, a partir de <http://siga.impi.gob.mx/#busquedas#operator=all#search=nano#gaceta=3#resultados=50#skip=0#order=fechaPublicacion>
- INEGI. (2014). Encuesta sobre I+ Tecnológico y Módulo sobre Actividades de Biotecnología y Nanotecnología 2012 Síntesis metodológica ESIDET - MBN. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- Karlaganis, G., & Liechti, R. (2013). The regulatory framework for nanomaterials at a global level: SAICM and WTO Insights. *Review of European Community & International Environmental Law*, 22(2), 163–173.
- Kica, E. (2015). *The legitimacy of transnational private governance arrangements related to nanotechnologies: the case of international organization for standardization*. Enschede: University of Twente.
- Kulinowski, K. (2009). Temptation, Temptation, Temptation: Why Easy Answers About Nanomaterial Risk are Probably Wrong. *AzoNanotechnology*. Recuperado a partir de <http://www.azonano.com/article.aspx?ArticleID=2448>
- Loyola-Díaz, & Paredes-López, O. (2009). La ciencia y la innovación en México, en la encrucijada. *La Crónica de hoy*.
- Macilwain, C. (1998). World Bank backs Third World centers of excellence plan. *Nature*, 396(711), 24–31.
- Marmolejo, F. (2009). Redes, movilidad académica y fuga de cerebros en América del Norte: el caso de los académicos mexicanos. En *Fuga de cerebros, movilidad académica, redes científicas Perspectivas latinoamericanas*. México D.F.: IESALC – CINVESTAV - IRD.

- Maynard, A., Aitken, R., Butz, T., Colvin, V. L., Donaldson, K., Oberdörster, G., ... Warheit, D. (2006). Safe handling of nanotechnology. *Nanotechnology*, 444(16).
- MCTI. (2012). Programa Nacional de Nanotecnología. Recuperado el 21 de enero de 2015, a partir de http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/27137/Programa_Nacional_de_Nanotecnologia.html
- Monica, J. C. J., Lewis, P., & Monica, J. C. (2006). Preparing for future health litigation: The application of products liability law to nanotechnology. *Nanotechnology Law & Business Journal*, 3(1), 54–63.
- National Nanotechnology Initiative. (s/f). Benefits and Applications | Nano. Recuperado el 22 de octubre de 2014, a partir de <http://www.nano.gov/you/nanotechnology-benefits>
- NNI. (s/f-a). NNI Budget. Recuperado el 3 de febrero de 2015, a partir de <http://nano.gov/about-nni/what/funding>
- NNI. (s/f-b). What is the NNI? Recuperado el 21 de enero de 2015, a partir de <http://nano.gov/about-nni/what>
- NSF. (1988). Science and Technology Resources in U.S. Industry. Special Report. Arlington, VA: National Science Foundation. National Science Foundation.
- Oberdörster, G., Oberdörster, E., & Oberdörster, J. (2005). Nanotoxicology: An emerging discipline evolving from studies of ultrafine particles. *Environmental Health Perspectives*, 113, 823–839.
- Observatory Nano. (s/f). *Communicating nanoethics*. Recuperado a partir de http://ethics-school.nl/_files/Communicatingnanoethicsreportfinal.pdf
- OECD. (1994). Review of National Science and Technology Policy: Mexico, Examiners report DSTI/STP (94) 11. Organisation for Economic Co-operation and Development.
- OECD. (2009). OECD Reviews of innovation policy: Mexico. Organisation for Economic Co-operation and Development. Recuperado a partir de http://www.keepeek.com/Digital-Asset-Management/oecd/science-and-technology/oecd-reviews-of-innovation-policy-mexico-2009_9789264075993-en#page4
- OECD. (2010a). Perspectivas OCDE: México Políticas Clave para un Desarrollo Sostenible. Organisation for Economic Co-operation and Development. Recuperado a partir de <http://www.oecd.org/mexico/45391108.pdf>
- OECD. (2010b). The impacts of nanotechnology on companies: policy impacts from case studies. Organisation for Economic Co-operation and Development.
- OECD. (2010c, mayo). Ministerial report on the OECD innovation strategy: Innovation to strengthen growth and address global and social challenges. Key findings. Organisation for Economic Co-operation and Development. Recuperado a partir de <http://www.oecd.org/sti/45326349.pdf>
- OECD. (2012a). Planning Guide for Public Engagement and Outreach in Nanotechnology. OCDE (Organisation for Economic Co-operation and Development). Recuperado a partir de <http://www.oecd.org/sti/nano/reports.htm>
- OECD. (2012b, julio). Directory of Bodies of the OECD. OECD Publishing. Recuperado a partir de <http://www.oecd-ilibrary.org/docserver/download/0112021e.pdf?expires=1422950384&id=id&acname=guest&checksum=9A41CDC254B948D559E29074052F6AD7>

- OECD. (2012c, septiembre). Six years of OECD work on the safety of manufactured nanomaterials: Achievements and future opportunities. Organisation for Economic Co-operation and Development. Recuperado a partir de <http://www.oecd.org/env/ehs/nanosafety/Nano%20Brochure%20Sept%202012%20for%20Website%20%20%282%29.pdf>
- OECD. (2014). Innovation in science, technology and industry research and development statistics (RDS). Recuperado el 3 de febrero de 2015, a partir de <http://www.oecd.org/innovation/inno/researchanddevelopmentstatisticsrds.htm>
- OECD. (s/f-a). Budget. Recuperado el 23 de enero de 2015, a partir de <http://www.oecd.org/about/budget/>
- OECD. (s/f-b). Directorate for Science, Technology and Innovation Key Nanotechnology Indicators. OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development). Recuperado a partir de <http://www.oecd.org/sti/nanotechnology-indicators.htm>
- OECD. (s/f-c). La OCDE en México. Recuperado el 23 de enero de 2015, a partir de <http://www.oecd.org/centrodemexico/laocde/laocdeenmexico.htm>
- OECD. (s/f-d). OECD Members and Partners. Recuperado el 8 de diciembre de 2014, a partir de <http://www.oecd.org/about/membersandpartners/>
- OECD. (s/f-e). Science and technology policy; Main Science and Technology Indicators. Recuperado el 23 de enero de 2015, a partir de http://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=MSTI_PUB
- OECD. (s/f-f). STInano - OECD. Recuperado el 5 de febrero de 2015, a partir de <http://www.oecd.org/sti/nano/>
- OECD. (s/f-g). Technology, productivity and Job Creation: Best Policy Practices. Organisation for Economic Co-operation and Development. Recuperado a partir de <http://www.oecd.org/industry/ind/2759012.pdf>
- OEST. (2004). Science, technology, engineering and innovation for development: A vision for the Americas in the twenty first century. OEST (Office of Education Science and Technology). Recuperado a partir de http://nano.gov/sites/default/files/agenda_-_economic_symposium.pdf
- Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2009, febrero 2). La nanotecnología en Iberoamérica. Situación actual y tendencias. Informe del Observatorio Iberoamericano de Ciencia, Tecnología e Innovación del Centro de Altos Estudios Universitarios de la OEI. Recuperado a partir de <http://www.oei.es/salactsi/nano.pdf>
- RNCOS. (2010, marzo). Nanotechnology Market Forecast to 2013. Recuperado el 16 de mayo de 2013, a partir de <http://image.slidesharecdn.com/nanotechnology-market-forecast-to-20134702/95/nanotechnology-market-forecast-to-2013-1-728.jpg?cb=1292453734>
- SEGOB. (2014). DECLARATORIA de vigencia de las normas mexicanas NMX-R-10867-SCFI-2014, NMX-R-10929-SCFI-2014, NMX-R-27687-SCFI-2014, NMX-R-80004-1-SCFI-2014 y NMX-R-80004-3-SCFI-2014. *Diario Oficial de la Federación. Secretaría de Gobernación*. Recuperado a partir de http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5364702&fecha=20/10/2014

- SHCP. (2013). Documentos Recientes Presupuesto de Egresos de la Federación. Recuperado el 17 de enero de 2015, a partir de <http://www.shcp.gob.mx/EGRESOS/PEF/Paginas/DocumentosRecientes.aspx>
- SRE. (s/f-a). Cumbre de Rectores México-Japón y visita a Singapur. *Boletín Electrónico: Cooperación Internacional para el Desarrollo*, (Secretaría de Relaciones Exteriores). Recuperado a partir de <http://amexcid.gob.mx/boletin/0611/html/cumbre-de-rectores-mex-jap-y-visita-a-singapur.html>
- SRE. (s/f-b). Red de talentos mexicanos - antecedentes. Recuperado el 1 de febrero de 2015, a partir de http://www.redtalentos.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=1&Itemid=152
- SRE CONACyT. (2012). Fondo Sectorial de Investigación SRE CONACYT. Convocatoria México-Argentina. Recuperado el 2 de febrero de 2015, a partir de <http://www.conacyt.mx/index.php/el-conacyt/convocatorias-y-resultados-conacyt/convocatorias-fondos-sectoriales-constituidos/convocatoria-sre-conacyt/convocatorias-abiertas-sre-conacyt/convocatoria-mexico-argentina-para-la-presentacion-de-proyectos-conjuntos-de-investigacion-en-nanotecnologia/621-lista-de-proyectos-pertinentes-nanotecnologia-mexico-argentina-2012/file>
- StatNano. (s/f). South Korea Plans to Stand among Top 3 World States in Nanotechnology. Recuperado el 21 de enero de 2015, a partir de <http://statnano.com/news/45450>
- Stezano, F. (2009). El rol de los programas en CyT y organizaciones intermedias en las relaciones ciencia-industria. Revisión analítica y experiencias en México. En A. M. Martínez, López de Alba, A. García, & Estrada (Eds.), *Innovación y competitividad en la sociedad del conocimiento* (1. ed). México, D.F: Guanajuato, Gobierno del Estado, Consejo de Ciencia y Tecnología : Plaza y Valdés.
- TAENK. (n/d). The nanodatabase. Taenk. Recuperado a partir de <http://taenk.dk/nyheder/nanodatabase-giver-forbrugerne-overblik>
- Takeuchi, N., & Mora Ramos, M. E. (2011). Divulgación y formación en nanotecnología en México. *Mundo Nano*, 4(2), 59–64.
- WIPO. (s/f). Patent Scope: Search International and National Patent Collections. Recuperado el 3 de febrero de 2015, a partir de <http://patentscope.wipo.int/search/en/result.jsf>
- World Bank. (1998). Project appraisal document on a proposed loan in the amount of US\$300 million to Mexico for a knowledge and innovation project. World Bank.
- World Bank. (2012). Research and development expenditure (% of GDP). Recuperado el 4 de julio de 2013, a partir de <http://data.worldbank.org/indicator/GB.XPD.RSDV.GD.ZS/countries>
- World Bank. (2013, octubre 16). World Development Indicators | Data. Recuperado el 31 de enero de 2015, a partir de <http://data.worldbank.org/data-catalog/world-development-indicators>
- WPN. (2009, junio). Inventory of National Science, Technology and Innovation Policies for Nanotechnology 2008. Working Party on Nanotechnology. Organisation for Economic Co-operation and Development. Directorate for Science, Technology and Industry Committee for Scientific and Technological Policy.

WWICS. (2015). *A nanotechnology consumer products inventory project on emerging nanotechnologies*. Washington DC: WWICS (Woodrow Wilson International Centre for Scholars). Recuperado a partir de <http://www.nanotechproject.org/inventories/consumer/>