

POLÍTICAS PÚBLICAS EN NANOTECNOLOGÍA EN AMÉRICA LATINA

Guillermo Foladori¹

Fecha de recepción: 02 de octubre de 2015. Fecha de aceptación: 11 de marzo de 2016.

RESUMEN

Muchos países de América Latina han incorporado a las nanotecnologías como área prioritaria de desarrollo en sus políticas públicas. La principal característica de estas políticas es el apoyo a la Investigación y Desarrollo de las nanotecnologías buscando integrar los centros y las universidades públicas con la empresa privada, para potenciar la innovación y la competitividad. Estas políticas públicas no toman en cuenta el contexto mundial de fuerte concentración del capital en que nacen las nanotecnologías, y que hacen difícil la competitividad bajo la forma en que pretenden que se desarrollen tales tecnologías. El artículo analiza la orientación de las políticas públicas en el contexto internacional al tiempo que sugiere algunas alternativas.

Palabras clave: nanotecnología, políticas públicas, investigación y desarrollo, ciencia y tecnología.

Clasificación JEL: : O32, O33, O38.

NANOTECHNOLOGY PUBLIC POLICY IN LATIN AMERICA

Abstract

Many countries in Latin America have made nanotechnology a development priority in their public policy platforms. The main feature of these public policies is to provide support for nanotechnology research and development, aiming to forge ties between public institutions and universities and the private sector, to boost innovation and competitiveness. These public policies do not take into account the global context of strong capital concentration in which nanotechnologies emerge, and which makes it difficult to be competitive within the framework laid out by these public policies to develop these technologies. This paper analyzes the direction of public policy in the international context, and also suggests policy alternatives.

Key Words: Nanotechnology, public policy, research and development, science and technology.

¹ Universidad Autónoma de Zacatecas, México. Correo electrónico: gfoladori@gmail.com

POLITIQUES PUBLIQUES POUR LA NANOTECHNOLOGIE EN AMÉRIQUE LATINE

Résumé

Beaucoup de pays d'Amérique latine ont inclus les nanotechnologies au titre de domaine prioritaire de développement dans leurs politiques publiques. La principale caractéristique de ces politiques publiques est d'aider à la recherche et au développement des nanotechnologies en cherchant à associer les centres et universités publics avec le secteur privé, pour permettre l'innovation et la compétitivité. Ces politiques publiques ne prennent pas en compte le contexte mondial de forte concentration du capital dans lequel naissent les nanotechnologies, lequel rend difficile la compétitivité sous la forme selon laquelle lesdites politiques prétendent que se développent de telles technologies. L'article analyse l'orientation des politiques publiques dans le contexte international tout en suggérant quelques alternatives.

Mots clés: nanotechnologie, politiques publiques, recherche et développement, science et technologie.

POLÍTICAS PÚBLICAS EM NANOTECNOLOGÍA NA AMÉRICA LATINA

Resumo

Muitos países da América Latina incorporaram às nanotecnologias como área prioritária de desenvolvimento nas suas políticas públicas. A principal característica destas políticas públicas é o apoio à Pesquisa e Desenvolvimento das nanotecnologias, procurando integrar os centros e universidades públicas com a empresa privada, para estimular a inovação e a competitividade. Estas políticas públicas não levam em conta o contexto mundial de forte concentração do capital no qual nascem as nanotecnologias, o que deixa muito difícil que se alcance a competitividade sob a forma na qual as políticas públicas têm a intenção que se desenvolvam tais tecnologias. O artigo analisa a orientação das políticas públicas no contexto internacional ao mesmo tempo que sugere algumas alternativas.

Palavras-chave: nanotecnologia, políticas públicas, pesquisa e desenvolvimento, ciência e tecnologia.

拉美关于纳米技术的公共政策

摘要

拉美诸多国家都在公共政策方面给予了纳米技术优先发展权。这些政策的主要特点为支持纳米技术的研究及发展，并且尝试整合私人企业及公立的研究中心或大学，以期增强彼此的创新能力及竞争力。但是，这些公共政策忽视了纳米技术诞生于资本高度集中的全球背景下，并且由于政策大力推动类似技术的发展，其竞争力也遭到了削弱。本文将分析国际背景下公共政策的方向，同时给出相关建议。

关键词：纳米技术、公共政策、研究与发展、科学与技术

INTRODUCCIÓN

Las nanotecnologías son una variedad de técnicas que permiten manipular la materia a escala atómica y molecular. La importancia radica en que los materiales a escala de aproximadamente entre 1 y 100 nanómetros manifiestan propiedades físicas, químicas y biológicas diferentes a las que la misma materia presenta en escala mayor. El oro, que no es reactivo en mayor tamaño, se vuelve reactivo en tamaño nano y es utilizado para elaborar sensores; el carbono como grafito es blando, pero el carbono en nanotubos es más duro que el acero. Todos los elementos químicos presentan diferente comportamiento en escala nano. Esta particularidad permite vastas modificaciones en la funcionalidad de los productos, y ha hecho que se considere a las nanotecnologías como la próxima revolución industrial (VVAA, 2014).

A diferencia de revoluciones tecnológicas precedentes, cuyo centro de impulso estaba en la energía (Revolución Industrial, invención de la electricidad, el motor de combustión interno), en el procesamiento y transmisión de información (TIC –tecnologías de la información y la comunicación), o en los seres vivos (biotecnología), las nanotecnologías tienen como centro de impulso la materia en sentido amplio, ya que su potencial es la posibilidad de utilizar las nuevas propiedades de la materia. Se trata de una Revolución Industrial que penetra todos los sectores económicos de manera más o menos simultánea, porque todos los sectores utilizan algún tipo de material, y éstos pueden ser manipulados en tamaño nano desarrollando novedosas funcionalidades.²

Se trata de una Revolución Tecnológica reciente, porque requirió del desarrollo de los microscopios atómicos a finales de los años ochenta y durante los noventa para que las nuevas manifestaciones de la materia –que en muchos casos ya se conocían– pudiesen ser medidas con precisión.³ Además, fue el lanzamiento de la Iniciativa Nacional de Nanotecnología de Estados Unidos en 2001 lo que provocó que muchos otros países invirtieran en Investigación y Desarrollo de nanotecnologías para no quedar rezagados. Las nanotecnologías constituyen la Revolución Tecnológica que arrancó con el siglo XXI. Según la consultora Científica,

² Se llaman de propósito general (*enabling technologies*) a las tecnologías que permiten su aplicación en un vasto rango de sectores económicos (Bresnahan y Trajtenberg, 1995; Shea, Grinde y Elmslie, 2011).

³ La invención de los microscopios atómicos facilitó e impulsó las investigaciones en nanotecnología (e.g scanning tunneling microscope (STM) -Binnig y Rohrer, 1981, y atomic force microscope (AFM), 1985).

Desde que fue anunciada la Iniciativa Nacional de Nanotecnología de los Estados Unidos en 2000 casi todas las economías desarrolladas y en desarrollo han iniciado programas nacionales de nanotecnología. Los gobiernos invierten 10 mil millones de dólares por año en Investigación y Desarrollo (Científica, 2011).

Varias razones permiten comprender que ningún país puede quedar al margen de esta Revolución Científico-tecnológica. A nivel económico, aquellos países que no producen con nanotecnología ya están importando productos de la nanotecnología muchas veces sin saberlo; lo cual tendrá impactos en la división social del trabajo, en la formación de las cadenas de valor, y en efectos no buscados como los potenciales riesgos a la salud y el medio ambiente.⁴

A nivel científico-tecnológico, los investigadores de las diferentes ramas están al tanto de lo que se publica y se ven presionados por formarse en estas nuevas nanociencias y nanotecnologías. Internet, las revistas científicas en línea, los congresos, las redes de colaboración en investigación hacen que el investigador esté en conocimiento de la discusión científica internacional no importa donde se localice físicamente.

A nivel político, los organismos internacionales como la Organización de Estados Americanos (OEA), la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) y el Banco Mundial (BM) han colocado en sus agendas de cooperación para el desarrollo a las nanotecnologías como área prioritaria de desarrollo (Drilhon, 1991), junto con las TIC y las biotecnologías (Foladori, 2013).

Frente a esta situación es de importancia reflexionar sobre cómo se están enfrentando los países de América Latina a esta Revolución Tecnológica.

AMÉRICA LATINA SE EMBARCA EN LA REVOLUCIÓN DE LAS NANOTECNOLOGÍAS

Avanzada la segunda década del siglo XXI, muchos países de América Latina tienen grupos de investigación en nanotecnología y sus gobiernos han manifestado que se trata de áreas prioritarias de desarrollo. Dos tendencias han

⁴ Existe abundante literatura referente a los potenciales riesgos a la salud y el medio ambiente de los nanomateriales, a tal grado que ya se habla de una rama específica de la toxicología “nanotoxicología”, y las principales agencias de salud ocupacional de la Unión Europea y de Estados Unidos tienen guías de seguridad para la manipulación de nanomateriales; véase, por ejemplo (Colvin, 2003; Donaldson, Stone, Clouter, Renwick, y MacNee, 2001; Maynard, 2007; Oberdörster, Oberdörster & Oberdörster, 2005; Poland *et al.*, 2008).

convergiendo en ello. Por un lado, el natural desarrollo de las ciencias físico-químicas, que ya desde los años noventa del siglo xx investigaban en las propiedades de la materia en escala nano. Al menos en países –como Brasil, México y Argentina–, la investigación en las ciencias de materiales a escala nanométrica no fue resultado de ninguna política pública al respecto. Publicaciones científicas de los años noventa lo demuestran, aunque en aquel entonces el término “partículas ultrafinas” era de uso más común que el actual de nanomateriales (Robles-Belmont y Vinck, 2011). Por otro lado, estaba la presión de los organismos internacionales, que desde finales de los años noventa, colocaban a las nanotecnologías como un área prioritaria de desarrollo científico-tecnológico junto con las TIC y la biotecnología.

La tendencia a la homogeneización de las políticas públicas en Ciencia y Tecnología (CyT) tiene una larga data (Albornoz, 1997; Velho, 2011). Instituciones internacionales como la Organización de Estados Americanos (OEA), el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco) impulsan políticas comunes de CyT en América Latina. El BM fue pionero colaborando en el financiamiento de los proyectos Milenio en nanotecnología (Foladori y Fuentes, 2008; Macilwain, 1998), la OCDE presionando para la reestructuración de todo el sector de ciencia y tecnología en México (OCDE, 1994); la OEA (COMCYT, 2004) colocando a las nanotecnologías como área prioritaria en sus asesorías a los diferentes países de la región (Foladori, 2013).

Esto no significa que su aplicación sea igual en todos los casos, pero en la mayoría de los países pueden distinguirse rasgos comunes derivados de aquellos lineamientos. Un ejemplo de este isomorfismo es la declaración de las nanotecnologías como área prioritaria de desarrollo. El cuadro 1 muestra el año en que los países señalados comenzaron sus políticas en favor de las nanotecnologías o bien las incluyeron como área prioritaria de desarrollo.

No todos estos países acompañaron las declaraciones de interés con apoyos financieros, pero muchos lo hicieron, al menos los mayores. Los gobiernos de Brasil (Invernizzi, Korbes y Fuck, 2012), Argentina (García, Lugones y Reising, 2012; Spivak L’Hoste *et al.*, 2012) y México (Záyago y Foladori, 2012) financiaron redes de investigación, laboratorios multi-usuarios, disponibilizaron infraestructura y equipo, apoyaron clústeres de investigación/producción y promovieron llamados a concursos muchas veces en asociaciones público-privadas para la investigación en nanotecnologías.

Aunqu resulta difícil estimar los financiamientos públicos, algunas cifras son citadas por analistas. Para Argentina se mencionan 50 millones de dólares entre 2006 y 2010 (Salvarezza, 2011). Para Brasil serían alrededor de 190

Cuadro 1. Políticas públicas en favor de las nanotecnologías o inclusión como área prioritaria en planes de desarrollo en países seleccionados de América Latina

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

Fuente: elaboración propia.

millones de dólares entre 2004 y 2009 por parte del Ministerio de Ciencia y Tecnología (Invernizzi, Korbes y Fuck, 2012), sin contar los fondos de los propios Estados que sólo en el caso de San Pablo, Minas Gerais y Río de Janeiro deben ser mayores a 60 millones de dólares en el periodo. Para México estimaciones sugieren cerca de 60 millones de dólares entre 2005 y 2010 (Takeuchi y Mora Ramos, 2011). Para Chile 30 millones de dólares entre 2005 y 2010 (Zumelzu Delgado y Zárata Aliaga, 2011).

Las políticas comunes implementadas por los países latinoamericanos en materia de nanotecnología (*e.g.* privilegio del apoyo al sector privado, orientación a la competitividad, incentivo a la creación de empresas *spin-off* de las universidades públicas) no debe ocultar algunas diferencias. En el caso argentino, por ejemplo, los financiamientos públicos son explícitamente orientados a Pequeñas y Medianas Empresas (FAN, 2012); en Brasil existe una orientación más diversificada, pero que busca integrar los financiamien-

tos en laboratorios temáticos nacionales, siendo, por tanto, una política más articulada con estrategias nacionales de desarrollo (Invernizzi, 2010; Invernizzi, Hubert y Vinck, 2014); el caso mexicano es el más claro de una postura de financiamiento sin articulación alguna con proyectos de desarrollo nacionales (Foladori *et al.*, 2012). Sin embargo, a pesar de las diferencias existe una orientación común, en gran parte la misma que promueven los organismos internacionales como la OCDE, o el BM (Foladori, 2013).

Pero ¿cuál ha sido la justificación explícita, tanto para declarar a las nanotecnologías como un área prioritaria de desarrollo como para destinar financiamiento público? También en este caso puede encontrarse una única y común respuesta para realidades muy diferentes: elevar la competitividad (Brasil (GT 2003: 8), México (CONACYT, 2008: 25), Argentina (República Argentina, 2009)). La justificativa supone que el desarrollo de tecnologías sofisticadas (*high-technologies*) permitirá mejorar la competitividad internacional, y que ésta conducirá al desarrollo y al bienestar. Pero el incremento de la competitividad no es ninguna garantía de bienestar como ha sido demostrado en muchos casos. México, por ejemplo, incrementó su competitividad inmediatamente después de entrar en el Tratado de Libre Comercio de América del Norte en 1994 y hasta el 2000, pero paralelamente aumentó la pobreza y la diferenciación social (Delgado Wise e Invernizzi, 2002). El discurso oficial también dice que las nuevas tecnologías implicarán nuevas fuentes de empleo, pero no se dice que cuanto más *high-tech* son las industrias menos empleo generan, y tampoco se dice cómo este tipo de tecnologías puede ser disruptiva, provocando el desempleo y cierre de empresas menos competitivas –y que naturalmente ocupan más personal (Hecker, 2005).⁵ Tampoco se comenta que, dado el nivel de desagregación y globalización de las cadenas productivas, se puede participar en una de ellas en términos materiales siendo marginal el valor recibido (Gereffi, 2014).

La característica material de esta Revolución Tecnológica es que el cambio sucede en la funcionalidad de la materia prima. Basta que se introduzca nano-materia prima, que en términos materiales de masa o volumen es insignificante, para que el producto final resulte diferente frente a la antigua com-

⁵ Para el caso de Estados Unidos, “el empleo en las industrias de alta tecnología se incrementó 6.5% en el periodo 1992-2002, comparado con el 19.7% para la economía como un todo”.... “Durante el mismo periodo, el empleo de alta tecnología declinó de 12.2 por ciento a 11 por ciento del empleo total. Proyecciones para el periodo 2002-2012 muestran que el empleo de alta tecnología continua creciendo más lentamente que la economía como un todo, a 11.4% comparado con 16.5%” (Hecker, 2005: 59).

petencia. Pero en términos de valor la situación es diferente. El agregado de valor por la incorporación de nanopartículas puede ser totalmente marginal respecto del valor final del producto. Aunque esto depende de cada cadena de valor específica, el hecho es que un producto final de las nanotecnologías es sustantivamente diferente a la competencia tradicional porque incorpora una ínfima cantidad de nanomateriales, y en términos de valor la diferencia puede ser mínima.

Ya en 2004, Lux Research, una consultora financiera en nanotecnologías, estimaba la siguiente relación de valor entre las tres principales etapas de la cadena de valor y según el volumen de productos en el mercado (véase cuadro 2).

Cuadro 2. Valor de los productos en el mercado según etapa en la cadena de valor⁶

<i>Etapa de la cadena de valor</i>	<i>Valor en US\$ en 2004 (millones)</i>	<i>% de valor agregado por etapa</i>
Nanomateriales	134	1.1
Nanointermedios	851	7.1
Productos finales nanocapacitados	12 001	100.0

Fuente: Lux Research, 2004.

Aunque se trata de una gruesa estimación en base al mercado total, el cuadro 2 indica que el valor de los nanomateriales está en torno del 1% del valor final del producto, y la misma consultora estima que 10 años después caería a la mitad (0.5%) debido al abaratamiento y la producción en masa de las nano-materias prima. Efectivamente, el ejemplo de los nanotubos de carbono es elocuente al respecto. El gramo de nanotubos de carbono ha bajado de más de 1 000 dólares a principios del siglo XXI a menos de 100 una década después (Rogers, Adams y Pennathur, 2011; Universiti Sains Malaysia, 2012).

Sin embargo, a pesar de agregar muy poco valor al producto final, el aporte de los nanomateriales es crucial, pues brinda al producto final una característica novedosa que lo puede convertir en disruptivo. Vidrios auto-limpiantes, nutracéuticos, llantas con mayor vida útil, filtros solares más eficientes, nanocerámicas sustitutas de vidrio y aluminio en envases son cambios que afectan

⁶ Basado en un modelo con 42 productos (Lux Research, 2004).

radicalmente las industrias convencionales, no obstante agreguen poco valor al producto final.⁷

El hecho de que el valor de los nanomateriales sea marginal respecto del valor final del producto obliga a considerar con atención, y para cada producto, cómo se comporta el valor —y no sólo la materia— en la cadena de valor. Es casi un *slogan* de los programas de apoyo al desarrollo de las nanotecnologías que éstas aumentarán la competitividad, pero si el país en cuestión se ubica en una etapa de la cadena de valor donde el agregado de valor sea marginal, aun cuando participe en la producción de productos finales con nanotecnología no necesariamente se beneficiará económicamente de ello. El caso del iPhone de Apple es elocuente: producidos con aportes de varios países, el ensamblador final sólo obtiene 6.54 dólares de un precio de venta final de 169.41 dólares:

Paradójicamente China no crea o captura la mayor parte del valor generado por las exportaciones de su cadena de valor. De hecho, en la medida en que mayor tipo de mercancías intermedias son comercializadas dentro de las cadenas globales de valor la discrepancia crece entre los lugares donde los productos finales son producidos y exportados y donde el valor es creado y capturado. Los iPhones de Apple, por ejemplo, son totalmente ensamblados en la China por un contratante manufacturero (Foxconn) y exportado a los Estados Unidos. Cuando se utiliza una medida tradicional, que asigna el valor bruto de la exportación al país exportador, la unidad de valor de exportación de los iPhones de China es de \$194.04. De esto sólo \$24.63 es contenido importado de los Estados Unidos, lo que indica que cada iPhone importado a los Estados Unidos resulta en un déficit en el balance de pagos de \$169.41. Sin embargo, esto no significa que China se beneficia de un beneficio de \$169.41 por cada iPhone que exporta, ya que el valor agregado por China es de sólo \$6.54 por teléfono (Gereffi, 2014: 20-21).

De manera que participar en cadenas de valor de nanotecnología no garantiza que las empresas o los países en cuestión se beneficien de estas nuevas tecnologías. Para embarcarse en la ola nanotecnológica no es suficiente con políticas públicas que las promuevan, aun cuando exista financiamiento, mientras no haya una planificación más ajustada de qué productos, en qué ramas y en qué condiciones se desarrollarían las nanociencias y nanotecnologías. Para la elaboración de políticas nacionales es imprescindible entender el contexto internacional.

⁷ Muchos otros ejemplos de la sustitución de materiales y el carácter disruptivo en Urlich (2003).

EL CONTEXTO INTERNACIONAL DE LAS NANOTECNOLOGÍAS

La imagen de la revolución de las nanotecnologías es que éstas podrían favorecer, con cierto apoyo gubernamental, el desarrollo en países en vías de desarrollo. El Grupo de Trabajo en Ciencia y Tecnología e Innovación del Proyecto Milenio de Naciones Unidas sugiere que el desarrollo de las nanotecnologías debe orientarse, en tales países, hacia sectores estratégicos como: agua potable, medicina y energía para así ayudar a alcanzar varias Metas del Milenio (Juma y Yee-Cheong, 2005; Salamanca-Buentello *et al.*, 2005). En el mismo sentido el editorial “Enfrentando la Pobreza Global” escrito por el Consejo de Editores Científicos para el segundo número de *Nature Nanotechnology* (2007), propone que el desarrollo de las nanotecnologías en áreas específicas como agua y medicina será una mejora significativa para aliviar la vida de los pobres.

Más allá de la buena voluntad de la propuesta del Proyecto de la ONU, el problema se plantea en los procesos de producción de los filtros de agua o de las nano medicinas. Lo mismo que en nano-energía o en cualquier otra rama, las empresas dependen en primera instancia de la compra de la nanomateria prima con la que se elaboran los filtros (*e.g.* nanotubos de carbono), los captadores de energía (*e.g.* dióxido de titanio), las medicinas (*e.g.* dendrímeros), que está fuertemente concentrada en corporaciones químicas internacionales, y dependiendo de la rama, la empresa requiere de procesos intermedios, para funcionalizar la materia prima al producto final. El resultado es que la gran mayoría de las empresas nanotecnológicas en América Latina se ubican en las fases últimas de la cadena de valor, en el “agregado” de la materia prima funcionalizada al producto final. En México, una reciente investigación muestra que más del 50% de las empresas de nanotecnología se ubican en la última fase de la cadena de valor y tan sólo 4% de las empresas producen o investigan en algún tipo de instrumento para el proceso de diseño y/o manipulación nanotecnológico (Appelbaum *et al.*, 2016). En Argentina cerca del 45% agregan nanomateriales a los productos finales (Zayago Lau *et al.*, 2015). En definitiva las empresas de nanotecnología, aún aquellas que se orientan a productos que pueden pensarse más cercanos a la satisfacción de las necesidades sociales, están atrapadas en un contexto mundial de cadena de valor que las hacen depender de condiciones externas de las corporaciones químicas en cuanto a la materia prima, y de media docena o algo más de grandes productoras de equipo técnico sofisticado (*e.g.* microscopios). Sin una política gubernamental de integración vertical de las cadenas de valor de las nanotecnologías resulta ilusorio el papel que éstas puedan cumplir en términos de desarrollo social.

Además de los quiebre en la cadena de valor, en la sociedad capitalista existe una doble metamorfosis que impide que los productos satisfagan directamente las necesidades para las cuales fueron creados. La primera es que estos productos deben llegar al mercado, eso significa que sus precios deben compensar los costos de producción y todavía ofrecer una ganancia al empresario. Cuando existen inversiones alternativas que dan mayores ganancias, la producción se orienta a estos últimos sectores. Las enfermedades de los pobres (*neglected diseases*) es un ejemplo muy elocuente de importantes áreas de investigación marginadas por razones de mercado. La segunda metamorfosis se refiere a que los consumidores deben poseer capacidad de compra para adquirir las mercancías. Una vez más, éste no es el caso de los millones de pobres de América Latina y el mundo. Debido a estas dos metamorfosis, en una economía de mercado una propuesta de desarrollo tecnológico que se limite a sugerir o subsidiar tímidamente la producción de productos estratégicos que satisfagan necesidades inmediatas no es más que una declaración de buenas intenciones.

En buena parte de los discursos oficiales sobre nanotecnologías, y a veces también en los financiamientos, está presente esta idea de las nanotecnologías como palanca al desarrollo. En algunos casos se sugiere que podrían surgir pequeñas y medianas empresas que dinamicen la economía.⁸ Esta imagen es tomada de lo que sucedió con la revolución de las TIC y de la biotecnología, donde hasta cierto punto aquello fue cierto. Sin embargo, la situación a mediados de la primera década del siglo XXI no es igual a la que existía en los años noventa, cuando aquellas otras revoluciones tecnológicas tuvieron su auge. El contexto diferente es clave para entender que sin políticas públicas que lo contemplen es muy difícil que el desarrollo de las nanotecnologías vaya a colaborar, en los países de América Latina, en mejorar las condiciones de vida de la población, para no hablar de incrementar la competitividad. Entonces, ¿cuál es la diferencia de los años noventa respecto de 2004 y en adelante cuando se desarrollan las nanotecnologías? La principal diferencia está en la concentración del capital a nivel mundial.

Las estimaciones ofrecidas por diversas consultoras internacionales señalan que el mercado mundial de los productos con nanomateriales ha sobrepasado los 3 mil millones de dólares en 2014. Uno de los últimos reportes, de la BCC Research, estima en 3.4 mil millones, estando el grueso del mercado en Estados Unidos y Asia-Pacífico (BCC Research, 2014). Pero, estos datos

⁸ La Fundación Argentina de Nanotecnología (FAN) hace explícito su apoyo a las Pymes.

estiman la venta de todos los productos con nanomateriales; si se presta atención a las nano-materia prima, que constituyen el punto de partida de cualquier otra industria nanotecnológica, la concentración en pocas corporaciones químicas es alarmante. Más adelante ofreceremos datos de la concentración de la producción de nanotubos de carbono y de dióxido de titanio, dos de las nano-materias primas más versátiles, por ser utilizadas en diversas ramas, y de mayor producción en términos de cantidades físicas, y donde un puñado de corporaciones produce más del 80% mundial. Esta concentración en corporaciones químicas no debe sorprender, ya que la producción de nano-materia prima homogénea, capaz de ser incorporada en procesos industriales es costosa y requiere de sofisticada infraestructura.

A poco más de una década de que el mercado de productos con nanotecnologías comenzara a crecer significativamente, la concentración del capital en grandes corporaciones ya se manifiesta. La consultora en nanotecnología Científica señala: “Recientemente el número de productores de nanomateriales ha decrecido en la medida en que se centraliza y las compañías químicas multinacionales dominan el mercado” (Científica, 2008: 27).

A pesar que las nanotecnologías se vienen investigando desde los años noventa sostenidamente, no es sino a partir del siglo *xxi*, y como consecuencia de las iniciativas gubernamentales que inyectan fondos públicos a la investigación, que ocurrió un *boom* en la Investigación y Desarrollo y en la venta de productos que incorporan nanotecnología. El hecho de haber ingresado en el mercado en el siglo *xxi* es de por sí significativo, si consideramos que el grado de concentración del capital en la economía mundial es mucho mayor que cuando se dio la revolución de las TIC y de las biotecnologías en los años ochenta y noventa del siglo *xx*. Una de las consecuencias más notorias del proceso de liberalización y globalización de las dos últimas décadas del siglo pasado ha sido la concentración del capital en pocas y poderosas corporaciones transnacionales en la mayoría de los sectores económicos.

En Estados Unidos, por ejemplo, en 1987 el 25% de los sectores industriales manufactureros estaba controlado por cuatro empresas que reunían el 50% o más de las ventas; para el 2007 aumentaron a 38% los sectores industriales fuertemente concentrados (Foster, McChesney y Jonna, 2011). Los años noventa fueron el *boom* del periodo de la globalización y, también, de la rápida concentración del capital. El contexto de surgimiento de las nanotecnologías, prácticamente a mediados de la primera década del siglo *xxi*, era de significativa mayor concentración que en cualquier periodo anterior.

La concentración del capital se vio apoyada por diversos procesos de regulación e institucionalización, como la protección a la propiedad intelectual.

Estos son procesos demorados, caros y susceptibles a interminables juicios,⁹ que dificultan el control por parte de pequeñas y medianas empresas y favorecen la concentración. Las aplicaciones a patentes en la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI) fueron 20 mil en 1990, 90 mil en 2000 y más de 140 mil en 2006 (OMPI, 2007).¹⁰ Otro elemento relacionado a la concentración del capital es el crecimiento de las ramas financieras de las grandes corporaciones. Estas han creado fondos de capital de riesgo para financiar pequeñas y medianas empresas controlando su destino (*strategic investors*); bien por un proceso de fusión y adquisiciones, bien por financiamientos que incluyen cláusulas de participación en las mesas directivas. Todo ello conduce a que los dueños de las nuevas empresas no tienen su objetivo puesto en crecer y expandirse, sino en venderlas tan pronto logren algún reconocimiento en el mercado. Así que una nueva empresa (*start-up*) logra afianzarse, y esto puede suceder de entre dos a cinco años, tiende a ser vendida a grandes corporaciones, o fusionarse con otras mayores. Se trata de una doble tendencia. Por un lado, de las grandes corporaciones que en lugar de invertir en formación de personal calificado seleccionan del mercado aquél ya probado (Graham, 2005).¹¹ Por otro, porque los costos de mantenimiento de empresas de alta tecnología —con excepción de pocas ramas— han aumentado, tanto en términos administrativos y legales como materiales,¹² y en el área de las nanotecnologías el equipo e instalaciones requiere de grandes inversiones.¹³

⁹ Según la Asociación Americana de Propiedad Intelectual (AIPPLA, por sus siglas en inglés) el costo de litigar una patente de nivel medio es de 2.6 millones de dólares, mismo que se ha incrementado en un 70% desde 2001.

¹⁰ Según datos recopilados por la OEI en 2009 de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual, entre 2000 y 2007 cerca del 42% de las patentes está en manos de 10 grandes corporaciones como Bayer, Philips y 3M, y algunas universidades estadounidenses de gran poder económico, como la Universidad de California y el Massachusetts Institute of Technology. En términos de países poseedores de las patentes la concentración es aún más clara, con Estados Unidos teniendo más del 60% (OICTeI, 2008).

¹¹ “Crecientemente grandes compañías (públicas y privadas) están estableciendo fondos de capital de riesgo afiliados para invertir en compañías start-up de alta tecnología” (Graffagnini, 2009: 257).

¹² Los costos de defender las patentes y la propiedad intelectual han crecido significativamente y es otra razón para que las *start-ups* se fusionen o vendan (McNeil *et al.*, 2007).

¹³ “Con la excepción de cerca de media docena de compañías, toda start-up tecnológica está a la venta” dijo Jim Moore, fundador y CEO de J. Moore Partners, una firma especializada en Asociación y Adquisición de Tecnología. “Según un estudio reciente de Ernst y Young, el volumen de Asociaciones y Adquisiciones en el área tecnológica saltó de 41 por ciento en 2011 hasta llegar a niveles no vistos desde el bum de las puntocom” (Farr, 2013).

Un elemento coyuntural para la rápida concentración del capital en las nanotecnologías ha sido la crisis de 2008. Los productos de las nanotecnologías y las empresas con Investigación y Desarrollo en el rubro habían surgido apenas tres o cuatro años antes, cuando existía capital de riesgo. Pero la crisis de 2008 retiró el capital de riesgo de cualquier inversión que no tuviera un retorno rápido y visible (NCMS, 2010: 20, 23). En este sentido la coyuntura económica reforzó la tendencia a la concentración del capital. El estudio de 2008-2010 del National Center for Manufacturing Sciences sobre estrategias de comercialización de nanotecnología durante 2008-2010, y focalizado en el llamado “valle de la muerte”, o cómo pasar de la Investigación y Desarrollo a la producción industrial, comenta el impacto de la crisis en la concentración del capital y control de la cadena de valor, mediante la compra o asociación de las pequeñas empresas con las grandes e integrando verticalmente la cadena de valor:

Fuertes compañías de nanotecnología explotaron la caída industrial invirtiendo o adquiriendo competidores tecnológicos sub valuados e integrando verticalmente a abastecedores de materiales y de procesos intermedios, incrementando así el control de los productos / procesos de las cadenas de valor (NCMS, 2010: 20).¹⁴

La consultora Lux Research también opina que la crisis favorece a las grandes corporaciones en detrimento de las *start ups*:

La economía ofrece un margen a las largas corporaciones, y desafía a las start-ups. La caída de la economía invita a los beneficiados con buenos recursos a renovar y reposicionar sus portafolios tecnológicos golpeando y acogotando a las pequeñas compañías abaratándolas. Las start-ups apuradas por circulante lo necesitan como prioridad para sobrevivir mientras los mercados se recuperan (Lux Research, 2009).¹⁵

A diferencia de las TIC y de la biotecnología, la Revolución de las Nanotecnologías nació en un ambiente económico de mayor concentración y fue rápidamente cooptado por la grandes corporaciones, haciendo difícil que pequeñas y medianas empresas en países en desarrollo puedan subirse a la ola

¹⁴ Con base en una encuesta a 270 ejecutivos en nanotecnología.

¹⁵ Carbon Nanotechnologies Incorporated (CNI) una empresa fundada por el premio Nobel Smalley y co-descubridor de los fullerenos fue vendida en 2008 en 5.4 millones de dólares, cuando el precio de oferta inicial era de 180 millones (Científica, 2008).

de las nanotecnologías sin que sus empresas sean en pocos años compradas, fusionadas o quebradas por las grandes corporaciones. A pesar que los costos de producir algunos nanomateriales puedan ser relativamente accesibles para pequeñas empresas, el salto a la producción industrial no lo es, tanto por el equipo sofisticado y caro como por las dificultades de producir materia prima homogénea.¹⁶ El resultado es que muchos países financian pequeñas empresas de nanotecnología bajo el concepto de que apoyan la Innovación y el Desarrollo pero la realidad es que en pocos años son venidas a grandes corporaciones, haciendo dudoso su papel en el desarrollo.

Aunque no hay datos precisos, es posible que los principales nano-materiales que están en el mercado sean los nanotubos de carbono y fulerenos, el dióxido de titanio, el óxido de zinc, y la nano-plata¹⁷ según lo consideró el Center for Knowledge Management of Nanoscience and Nanotechnology (CKMNT) de la India en 2010 (Patel, 2011).

Los nanotubos de carbono son uno de las materias prima nanotecnológicas más versátiles con aplicaciones en muy diversas ramas económicas.¹⁸ Los nanotubos de carbono (la inmensa mayoría son nanotubos de múltiple pared) representaban, según el CKMNT, el 28% del mercado de nanomateriales en 2010 (Patel, 2011). La producción industrial de nanotubos de carbono está fuertemente concentrada en pocas corporaciones. El informe de la CKMNT para 2010 calcula que el 66% de la producción estaría en manos de cuatro empresas que producían arriba de las 100 toneladas anuales cada una (Showa Denko, CNanotec Ltd, Nanocyl S.A., Bayer MaterialScience AG) (Patel, 2011).

¹⁶ En muchas nano-materias prima existen requisitos técnicos que favorecen la concentración del capital. La oferta regular de productos con exactamente las mismas características requiere de sofisticados procedimientos técnicos que sólo las grandes corporaciones pueden cumplir, y pequeñas variaciones en el producto resultan en un incorrecto funcionamiento; al respecto la consultora Científica anota: “Crucialmente los grandes abastecedores tienen un estricto proceso de control de calidad. Esto significa que si Boeing quiere usar una nueva nanopartículas basada en compuestos, puede estar seguro que pueden comprar la misma cosa la próxima semana, año o dentro de diez años, y que compañías como BASF seguirán estando en el negocio el próximo año. Esta habilidad para comprar grandes cantidades de material bien caracterizados es lo que llevará a las nanotecnologías al mercado” (Científica, 2008: 28).

¹⁷ Exceptuando el negro de carbón y sílice que son considerados los nanomateriales “tradicionales” y que constituyen la mayor parte del mercado de nano-materia prima.

¹⁸ Un indicador de la amplitud e importancia de los nanotubos de carbono es el hecho de que dentro del total de patentes en nanotecnología en 2009 las de nanotubos de carbono cubrían el 48% otorgadas por la U.S. Patent and Trademark Office (Heines, 2010).

Lo mismo que sucede con los nanotubos de carbono ocurre con las otras nano-materias primas que constituyen el grueso del mercado. Las nanopartículas de dióxido de titanio es otro ejemplo. Según Future Markets Inc. (2011) se producían 50 400 toneladas a nivel mundial; pero la mayoría de la producción concentrada en un puñado de corporaciones químicas (DuPont, Nanophase, NanoGram, Advanced Nanotech, Nanogate, Degussa / Evonik, AltairNano) (Robichaud *et al.*, 2009). Según el registro no exhaustivo de *Nanowerk*, casi el 50% de las empresas que suministran materias primas nanotecnológicas están localizadas en Estados Unidos (Nanowerk, 2014).

LAS POLÍTICAS PÚBLICAS EN NANOTECNOLOGÍA EN AMÉRICA LATINA

En América Latina casi todos los fondos para Investigación y Desarrollo de nanotecnologías son públicos. En algunos países, como es el caso de Brasil, México, Argentina y Chile, hay fondos dirigidos explícitamente a las nanotecnologías (Foladori e Invernizzi, 2013). En otros países los investigadores deben competir en concursos junto a otras áreas o tópicos de investigación. Pero, la norma que prima es que el financiamiento sea de corto plazo y privilegiando los centros de excelencia. Normalmente se trata de fondos para concursos de uno a tres años. La idea es que el gobierno dé un primer estímulo y las empresas privadas se encarguen, a partir de allí, en invertir en Investigación y Desarrollo de las nanociencias y nanotecnologías y en incorporar los conocimientos a los procesos productivos para llegar con productos al mercado. Sin embargo, con las nanotecnologías no se está ante un mercado conocido, donde existen cadenas de producción articuladas y mecanismos de acceso a créditos y al mercado en funcionamiento. Se trata de productos nuevos, muchas veces disruptivos en el sentido de que cumplen múltiples funciones y no son exactamente iguales a los que venían existiendo en el mercado. Se trata, también, de productos que deben crear nuevas cadenas, desde la compra de la materia prima hasta los procesos de incorporación de las nanopartículas o nanoestructuras a los productos finales existentes. No hay experiencia histórica de mercado en esto, lo cual hace muy difícil que las empresas privadas inviertan en Investigación y Desarrollo y en la producción en estas condiciones de incertidumbre.

Considerando que el financiamiento público sustancial a las nanotecnologías es relativamente reciente (aproximadamente desde 2004 en Brasil, desde 2006 en Argentina, y desde 2007 en México) resulta muy difícil estimar resul-

tados de estas políticas, máxime cuando apenas aparecen los primeros estudios sobre productos de la nanotecnología en los mercados latinoamericanos.

Sin embargo, la mayoría de los países de América Latina tienen grupos de investigación y, en alguna medida, equipo técnico sofisticado que les permite competir en Investigación y Desarrollo a nivel internacional. A pesar que no existen registros oficiales sobre las actividades de investigación en nanotecnología en los países de América Latina (lo más cercano es la información que ofrece el banco de datos de grupos de investigación del CNPq de Brasil), una investigación patrocinada por el EU 7th Framework Programme con participación de equipos latinoamericanos, realizó un relevamiento de grupos de investigación de nanotecnología en siete países de América Latina en los temas de nano-agua, nano-energía, y nano-medicina, y encontró grupos con capacidad de competencia internacional en los tres temas.¹⁹

Pero la orientación de las políticas públicas a promover la inserción de esta investigación mayoritariamente pública con las empresas privadas presenta muchos “valles de la muerte” que dificultan la transición; porque resulta muy difícil conectar varias empresas en el nivel de la producción con la comercialización y los consumidores finales, a este salto entre producción y comercialización se le conoce como “valle de la muerte”. Contradictoriamente muchos países de América Latina tienen un sector no explotado por las políticas públicas en materia de Ciencia y Tecnología. Se trata de sectores donde el control estatal es cuasi o totalmente monopolístico. A pesar de las privatizaciones de los años ochenta y noventa, muchos países aún tienen sectores públicos de producción material y de servicios, muchas veces en las áreas de agua potable, energía, salud, y transportes. Bien se podrían utilizar estos sectores para integrar a la Investigación y Desarrollo e impulsar la producción bajo el control total o cuasi total de toda la cadena de valor, evitando de esta forma los “valles de la muerte” que el mercado genera. Sectores como el agua potable, la energía, el transporte público y la salud pública cuentan con mecanismos para hacer llegar al consumidor los productos finales, sin necesidad de pasar por el mercado, o pasando de manera subsidiada. Un proyecto de esta naturaleza integraría orgánicamente a los grupos de investigación con los procesos de producción y con el consumo. Sin embargo, la orientación de la mayoría de las políticas a privilegiar la empresa privada puede enfrentarse, en el caso de las nanotecnologías, a una fuerte subordinación a las corporaciones transnacionales.

¹⁹ Véase NMP-DeLA. *Nanosciences, Nanotechnologies, Materials and New Production Technologies. Deployment in Latin American Countries*, FP7-NMP-2013-CSA-7, <http://cordis.europa.eu/project/rcn/108951_en.html>

CONCLUSIONES

La mayoría de los países de América Latina cuentan con grupos de investigación calificados en nanociencias y nanotecnologías. Muchos de ellos disponen de equipo sofisticado y a la altura de centros de excelencia internacional (Foladori, Invernizzi y Záyago, 2012). Estos grupos, centros de investigación y laboratorios especializados se fueron creando a lo largo de la primera década de este siglo (Foladori *et al.*, 2012)

Las políticas públicas de nanotecnología en América Latina han privilegiado que esos grupos de investigación se integren con la empresa privada, o inclusive generen *start-ups*. El éxito de un camino de esta naturaleza es altamente discutible debido al contexto internacional en que las nanotecnologías han surgido. A diferencia de lo que en parte ocurrió con las TIC o con las biotecnologías, el grado de concentración del capital a nivel internacional a principios de 2000, cuando irrumpen las nanotecnologías, es mucho mayor que una década antes.

Las grandes corporaciones han cooptado las principales cadenas de valor de las nanotecnologías. Es difícil integrarse a alguna cadena de valor sin pasar a tener un lugar marginal en términos de beneficios económicos. Además, la orientación productiva de las grandes corporaciones internacionales difícilmente tiene que ver con las necesidades mayoritarias de los países de América Latina, no obstante en algún caso pueda incrementar la competitividad internacional.

Los países de América Latina aún tienen sectores estatales cuasi o monopolísticos, como en salud pública, energía, agua o transporte en determinados países. En estos casos se tiene la ventaja de que podría establecerse una producción integrada verticalmente, desde la producción hasta los propios consumidores. Podría conectarse la investigación y desarrollo con la producción y con el consumo, evitando los “valles de la muerte” que la producción para el mercado genera. Infelizmente este no es el camino que las políticas públicas en Ciencia y Tecnología han escogido.

BIBLIOGRAFÍA

- Albornoz, Mario (1997), “La política científica y tecnológica en América Latina frente al desafío del pensamiento único”, *Redes* 4(10), pp. 95-115.
- Appelbaum, Richard, Edgar Zayago Lau, Guillermo Foladori *et al.* (2016), “Inventory of nanotechnology companies in Mexico” en *Journal of Nanoparticle Research*, Springer Netherlands, febrero.
- Bresnahan, Timothy F. y M. Trajtenberg (1995), “General Purpose Technologies ‘Engines of Growth?’”, en *Journal of Econometrics* 65(1), pp. 83-108, doi: 10.1016/0304-4076(94)01598-T.
- Científica (2008), “The Nanotechnology Opportunity Report 3rd Edition”, Científica.
- _____ (2011), “Global Funding of Nanotechnologies & Its Impact”, Científica Ltd. <<http://cientifica.com/wp-content/uploads/downloads/2011/07/Global-Nanotechnology-Funding-Report-2011.pdf>>
- Colvin, V. L. (2003), “The Potential Environmental Impact of Engineered Nanomaterials”, *Nature Biotechnology*, 21, pp. 1166-1170.
- Comisión Interamericana de Ciencia y Tecnología-OAS (COMCYT), Quito, Ecuador, Dec. 10-12. (2003-2004), “Report of the Workshop: Scientific and Technological Development in the Americas”, COMCYT (), <<http://www.science.oas.org/cOMCYt/prepa.htm>>
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) (2008). “Programa Especial de Ciencia, Tecnología E Innovación 2008-2012”, <<http://www.siicyt.gob.mx/siicyt/docs/contenido/PECiTI.pdf>>
- Delgado Wise, Raúl y Noela Invernizzi (2002), “México y Corea del Sur: claroscuros del crecimiento exportador en el contexto del globalismo neoliberal”, *Aportes. Revista mexicana de estudios sobre la Cuenca del Pacífico* II(2-4), pp. 63-86.
- Donaldson, K., V. Stone, A. Clouter, L. Renwick y W. MacNee (2001), “Ultrafine particles”, en *Occupational and Environmental Medicine*, 58, 211-216.
- Drilhon, Gabriel (1991), “Choosing Priorities in Science and Technology- (Problems in Allocating Funds for Research and Development Projects)”, *OECD Observer* 179(4), en <http://scholar.google.ca/scholar?cluster=2157320831899862238&hl=es&as_sdt=0>
- Farr, Christina (2013), “Get Acquired! An Idiot’s Guide to Technology M&A”, *VB News*. December 26, <<http://venturebeat.com/2012/12/26/mergers-acquisitions/>>

- Foladori, Guillermo (2013), “Nanotechnology Policies in Latin America: Risks to Health and Environment”, en *Nanoethics* 7(2), pp. 135-47, doi: 10.1007/s11569-013-0178-2.
- Foladori, Guillermo, Santiago Figueroa, Edgar Záyago y Noela Invernizzi (2012), “Nanotechnology: Distinctive Features in Latin America”, en *Nanotechnology Law & Business Journal* 9, pp. 88-103.
- _____ y Verónica Fuentes (2008), “Nanotechnology in Chile. Towards a Knowledge Economy”, en Guillermo Foladori y Noela Invernizzi (eds.), *Nanotechnologies in Latin America*, Berlín, Dietz.
- _____ y Noela Invernizzi (2013), “Inequality Gaps in Nanotechnology Development in Latin America”, en *Journal of Arts and Humanities* 2(3), pp. 36-45.
- _____, Noela Invernizzi y Edgar Záyago (2012), *Perspectivas sobre el desarrollo de las nanotecnologías en América Latina*, México, Miguel Ángel Porrúa.
- Foster, John Bellamy, Robert W McChesney y Jamil Jonna (2011), “Monopoly and Competition in Twenty-First Century Capitalism”, en *Monthly Review* 62(11).
- Fundación Argentina de Nanotecnología (FAN) (2012), *¿Quién es quién en nanotecnología?*, Buenos Aires, FAN.
- Future Markets Inc. (2011), “The World Market for Nanoparticle Titanium Dioxide (TiO₂)”, April, <http://www.researchandmarkets.com/reports/1651709/the_world_market_for_nanoparticle_titanium>
- García, Marisa, Manuel Lugones y Ailin María Reising (2012), “Conformación y desarrollo del campo nanotecnocientífico argentino: una aproximación desde el estudio de los instrumentos de promoción científica y tecnológica”, en Guillermo Foladori, Edgar Záyago y Noela Invernizzi (eds.), *Perspectivas sobre el desarrollo de las nanotecnologías en América Latina*, México, Miguel Ángel Porrúa.
- Gereffi, Gary (2014), “Global Value Chains in a Post-Washington Consensus World”, en *Review of International Political Economy* 21(1), pp. 9-37, doi: 10.1080/09692290.2012.756414.
- Graffagnini, Mark J. (2009), “Corporate Strategies for Nanotech Companies and Investors in New Economic Times”, en *Nanotechnology Law & Business Journal* 6 (2).
- Graham, Paul (2005), “Hiring Is Obsolete”, en Berkeley CSUA, <<http://www.paulgraham.com/hiring.html>>
- GT (2003), “Desenvolvimento Da Nanociência E Da Nanotecnologia. Proposta Do Grupo de Trabalho Criado Pela Portaria MCT Nº 252 Como

- Subsídio Ao Programa de Desenvolvimento Da Nanociência E Da Nanotecnologia Do PPA 2004-2007”, GT Nanotecnologia (Grupo de Trabalho em nanociência e nanotecnologia). Ministério da Ciência e Tecnologia. Brasil, <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0002/2361.pdf>
- Hecker, Daniel (2005), “High-Technology Employment: A NAICS-Based Update”, en *Monthly Labor Review*, pp. 57-72.
- Heines, M. Henry (2010), “Carbon Nanotubes: Tracing the Growth of a Young Technology Through Patents”, en *Nanotech. L. & Bus.* 7, p. 21.
- Invernizzi, N. (2010), “Science Policy and Social Inclusion: Advances and Limits of Brazilian Nanotechnology Policy”, en *Yearbook of Nanotechnology in Society* (vol. II: The Challenges of Equity, Equality and Development, pp. 291-307), New York, Springer.
- Invernizzi, Noela, Cleci Korbes y Marcos Paulo Fuck (2012), “Política de nanotecnología en Brasil: A 10 años de las primeras redes”, en G. Foladori, E. Záyago y N. Invernizzi (eds.), *Perspectivas sobre el desarrollo de las nanotecnologías en América Latina*, México, Miguel Ángel Porrúa.
- Invernizzi, N., M. Hubert y D. Vinck (2014), “Nanoscience and Nanotechnology: How an Emerging Area on the Scientific Agenda of the Core Countries has been Adopted and Transformed in Latin America”, en *Beyond Imported Magic. Essays on Science, Technology and Society in Latin America*, Cambridge, Mass, MIT Press.
- Juma, Calestous y Lee Yee-Cheong (eds.) (2005), *Innovation: Applying Knowledge in Development*, London, Earthscan, <<http://www.unmillenniumproject.org/documents/Science-complete.pdf>>
- Lux Research (2004), “Sizing Nanotechnology’s Value Chain”, <https://portal.luxresearchinc.com/research/report_excerpt/2650>
- _____ (2009), “The Recession’s Ripple Effect on Nanotech”, June 9, <https://portal.luxresearchinc.com/research/report_excerpt/4995>
- Macilwain, Colin (1998), “World Bank Backs Third World Centers of Excellence Plan”, en *Nature* 396(711), pp. 24-31.
- Maynard, A. (2007), “Nanoparticle Safety. A Perspective from the United States”, en *Nanotechnology. Consequences for Human Health and the Environment* (RE Hester & RM Harrison), Cambridge, UK, RSC Publishing, pp. 118-131.
- McNeil, Ronald D., Jung Lowe, Ted Mastroianni, Joseph Cronin y Dyanne Ferk (2007), “Barriers to Nanotechnology Commercialization”, Prepared for U.S. Department of Commerce Technology Administration, <<https://www.ntis.gov/pdf/Report-BarriersNanotechnologyCommercialization.pdf>>

- Nanowerk (2014), “Nanowerk Database”, en *Nanowerk*, <www.nanowerk.com/phpscripts/n_dbsearch.php>
- NCMS (2010), “2009 NCMS Study of Nanotechnology in the U.S. Manufacturing Industry”, National Center for Manufacturing Sciences & National Science Foundation, <http://www.nsf.gov/crssprgm/nano/reports/2009_ncms_Nanotechnology.pdf>
- Oberdörster, G., E. Oberdörster y J. Oberdörster (2005), “Nanotoxicology: An Emerging Discipline Evolving from Studies of Ultrafine Particles”, en *Environmental Health Perspectives* (113), pp. 823-839.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OCDE) (1994), “Review of National Science and Technology Policy: Mexico, Examiners Report DSTI/STP (94) 11, Paris: OCDE”, OCDE.
- Observatorio Iberoamericano de Ciencia, Tecnología e Innovación del Centro de Altos Estudios Universitarios de la OEI (OICTeI) (2008), “La nanotecnología en Iberoamérica. Situación actual y tendencias”, OICTeI, <<http://www.oei.es/salactsi/nano.pdf>>
- OMPI (2007), “Informe de la OMPI sobre patentes”, <http://www.wipo.int/export/sites/www/freepublications/es/patents/931/wipo_pub_931.pdf>
- Patel, Vivek (2011), “Global Carbon Nanotubes Market - Industry Beckons”, *Nanowerk*, October 20, <<http://www.nanowerk.com/spotlight/spot-id=23118.php>>
- Poland, C. A., R. Duffin, I. Kinloch, A. Mayonard, W. A. Wallace, A. Seaton, K. Donaldson (2008), “Carbon Nanotubes Introduced into the Abdominal Cavity of Mice Show Asbestos-like Pathogenicity in a Pilot Study”, en *Nature Nanotechnology Advance Online Publication*.
- República Argentina (2009), *Autorizase al Ministerio de Economía y Producción a constituir la Fundación Argentina de Nanotecnología. Decreto Presidencial 380/2005*, accessed October 31, <http://www.fan.org.ar/acerca_estatuto.htm>
- Robichaud, Christine Ogilvie, Ali Emre Uyar, Michael R. Darby, Lynne G. Zucker, y Mark R. Wiesner, (2009), “Estimates of Upper Bounds and Trends in Nano-TiO₂ Production As a Basis for Exposure Assessment”, en *Environmental Science & Technology* 43 (12), pp. 4227-33, doi:10.1021/es8032549.
- Robles-Belmont, Eduardo y Dominique Vinck (2011), “A Panorama of Nanoscience Developments in Mexico based on the Comparison and Crossing of Nanoscience Monitoring Methods”, en *Journal of Nanoscience and Nanotechnology* 11(06), pp. 5499-5507.

- Rogers, Ben, Jesse Adams y Sumita Pennathur (2011), *Nanotechnology: Understanding Small Systems*, Boca Raton, FL, CRC Press.
- Salamanca-Buentello, F., D.L Persad, E.B Court, D.K Martin, A.S Daar y P. Singer (2005), “Nanotechnology and the Developing World”, en *PLoS Medicine* 2(5), <<http://medicine.plosjournals.org/perlserv/?request=get-document&doi=10.1371/journal.pmed.0020097>>
- Salvarezza, Roberto (2011), “Situación de la difusión de la nanociencia y la nanotecnología en Argentina”, en *Mundo Nano* 4 (2), pp. 18-21.
- Shea, Christine M., Roger Grinde y Bruce Elmslie (2011), “Nanotechnology as General-Purpose Technology: Empirical Evidence and Implications”, en *Technology Analysis and Strategic Management* 23(2), pp. 175-92, doi: 10.1080/09537325.2011.543336
- Spivak L’Hoste, Ana, Matthieu Hubert, Santiago Figueroa y Leandro Andriani (2012), “La estructura de la investigación argentina en nanociencia y nanotecnología: Balances y Perspectivas”, en Guillermo Foladori, Edgar Záyago and Noela Invernizzi (eds.), *Perspectivas sobre el desarrollo de las nanotecnologías en América Latina*, México, Miguel Ángel Porrúa.
- Takeuchi, Noboru y Miguel E. Mora Ramos (2011), “Divulgación y formación en nanotecnología en México”, *Mundo Nano* 4 (2), pp. 59-64.
- Uldrich, Jack y Deb Newberry (2003), *The Next Big Thing is Really Small: How Nanotechnology Will Change the Future of your Business*, New York, Crown Business.
- Universiti Sains Malaysia (2012), “New Method for Continuous Production of Carbon Nanotubes”, *ScienceDaily*, April 12, <www.sciencedaily.com/releases/2012/04/120412105109.htm>
- Velho, Lea (2011), “Conceitos de Ciência E a Política Científica, Tecnológica E de Inovação”, *Sociologías* 13(26), pp. 128-53.
- VVAA (2014), “Foresight Review of Nanotechnology”, Lloyd’s Register Foundation, <<http://www.lrfoundation.org.uk/publications/nanotech.aspx>>
- Záyago, Edgar, *et al.* (2015), “Análisis económico de las empresas de nanotecnología en México” en *Documentos de Trabajo IELAT*, núm. 79, pp. 1-31, octubre.
- Záyago, Edgar y Guillermo Foladori (2012), “La política de ciencia y tecnología en México y la incorporación de las nanotecnologías”, en G. Foladori, E. Záyago y N. Invernizzi, *Perspectivas sobre el desarrollo de las nanotecnologías en América Latina*, México, Miguel Ángel Porrúa.
- Zumelzu Delgado, E. y A. Zárata Aliaga (2011), “La nanociencia y la nanotecnología, un desafío a potenciar en el crecimiento económico de Chile”, *Mundo Nano* 4(2), pp. 29-33.