

Riesgos a la salud y al medio ambiente en las políticas de nanotecnología en América Latina

Risks to Health and the Environment
from Nanotechnology Policies in Latin America

*Guillermo Foladori*¹

RESUMEN

Las nanotecnologías han crecido y se expandieron en América Latina durante la primera década del siglo *xxi*. El presente artículo muestra el papel que las políticas de ciencia y tecnología impulsadas por instituciones como el Banco Mundial y la Organización de Estados Americanos han jugado al promover determinados objetivos, pero también el riesgo de no acompañar dichos objetivos con criterios básicos de implementación. Así, al no incorporar los potenciales riesgos a la salud y al medio ambiente y demás efectos laborales se omitieron aspectos de relevancia para trabajadores y consumidores, lo que aleja a las políticas públicas de la sociedad civil organizada.

PALABRAS CLAVE: nanotecnología, políticas de ciencia y tecnología, investigación y desarrollo, América Latina, ciencia y tecnología.

ABSTRACT

Nanotechnologies grew and expanded in Latin America during the first decade of the twenty-first century. This article shows the role that science and technology policies fostered by institutions like the World Bank and the Organization of American States have played in promoting certain objectives, but also the risk of not accompanying those objectives with basic criteria for implementation. Since potential health and environmental risks or other labor effects were not included, aspects that are important for both workers and consumers have been omitted from these policies, opening a gap between them and those proposed by organized civil society.

KEY WORDS: nanotechnology, science and technology policies, research and development, Latin America, science and technology.

¹ Profesor-investigador de la Unidad Académica de Estudios del Desarrollo, Universidad Autónoma de Zacatecas, México. Correo electrónico: gfoladori@gmail.com



INTRODUCCIÓN

La tendencia a la homogeneización de las políticas públicas en ciencia y tecnología (CYT) tiene una larga data (Velho, 2011; Albornoz, 1997). 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. Ello no significa que su aplicación sea igual en todos los casos, pero en la mayoría de las naciones pueden distinguirse rasgos comunes derivados de aquellos lineamientos.

Desde mediados de los años noventa los países de América Latina han sido influenciados por un cambio de paradigma en las políticas de CYT. Conceptos y metodologías como “economía basada en el conocimiento”, “sistemas nacionales de innovación”, “redes” y “prioridades en CYT” se han vuelto parte del lenguaje. Estos conceptos y metodologías modificaron instituciones, financiamiento, formas de organización, criterios de evaluación, y mecanismos de participación de los científicos y demás actores en el ámbito de la ciencia y la tecnología. Las nanotecnologías (NT) surgen y se desarrollan en este contexto, y conllevan, por tanto, la marca de sus promotores.

Este artículo analiza un aspecto de las políticas de las NT en América Latina: el papel otorgado a los riesgos a la salud y al medio ambiente y a los aspectos laborales relacionados. Concluye que organizaciones internacionales como el Banco Mun-

dial, la OEA y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) influyeron en la reestructuración de la CYT en América Latina hacia el paradigma de la economía basada en el conocimiento desde bien comenzado el siglo XXI, y seleccionaron a las NT como área prioritaria, entre otras, pero se abstuvieron de introducir criterios básicos de implementación de políticas de CYT como es el de los riesgos. Al no incluir el tema de los riesgos a la clase obrera, los consumidores y el medio ambiente, las políticas de CYT se distancian de los intereses de la sociedad civil organizada. Por cierto, este tema tampoco era ajeno a la discusión mundial.

De manera similar, los científicos y académicos, moldeados en sus prácticas y objetivos por la nueva estructura de CYT que se impuso, tampoco han hecho mucho por llamar la atención sobre el tema de los riesgos en el desarrollo de las NT. Fueron los sindicatos y las organizaciones no gubernamentales los que llevaron adelante una agenda de preocupación por los efectos sobre la salud y el medio ambiente de las NT y su potencial impacto sobre la clase trabajadora y los consumidores.

EL CONTEXTO DE CYT EN QUE SURGEN LAS NANOTECNOLOGÍAS EN AMÉRICA LATINA

El desarrollo de las NT en América Latina obedece a la confluencia de dos caminos a lo largo de la primera década de este siglo. Por un lado, la tendencia interna al desarrollo de la ciencia. Cuando queda en evidencia el potencial de la energía nuclear para fines bélicos y pacíficos, durante la Segunda Guerra Mundial, países como Argentina, Brasil y México incentivan el desarrollo de la ciencia física. Varios países de América Latina llegan a los años noventa con una infraestructura de laboratorios en física y química y un sólido cuerpo de investigadores en ciencias básicas. Brasil construyó la única instalación de Luz Sincrotrón (LNLs) de América Latina en Campinas, estado de Sao Paulo, en uso desde 1997. Varios proyectos de investigación sobre NT fueron desarrollados

desde los años noventa en diversos países. Un ejemplo es el patrocinado por el Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CyTed), entre 1999 y 2002, donde una red de investigadores de siete países iberoamericanos (cinco de América Latina) trabajaron en torno al tema –fabricación y caracterización de nanoestructuras para la micro y optoelectrónica– (CyTed, 2003). Cuando los Estados Unidos lanzan su National Nanotechnology Initiative, en el año 2000, varios investigadores de América Latina aceptan la necesidad de impulsar algo semejante en sus países. En Brasil, ese mismo año se junta un grupo de expertos para analizar cómo incorporar la NT en los planes de CYT (CNPQ, 2001). En México, investigadores de varias universidades y centros públicos de investigación lanzan una propuesta de programa nacional de NT en 2002 (varios autores, 2002).²

Paralelamente al desarrollo interno de las ciencias físico-químicas en los países, diversos organismos internacionales promueven políticas comunes en materia de CYT, que desde fines de los años noventa tienen como eje el concepto de economía basada en el conocimiento.

El Banco Mundial sugiere que la Investigación y Desarrollo (ID) tiene un papel esencial en la economía (Banco Mundial, 1991), y que los países en desarrollo deben hacer una fuerte inversión en conocimiento, dándole prioridad a la innovación tendiente a mejorar la competitividad internacional. La OCDE entiende que, con el fin de sostener el crecimiento económico, resulta necesario una inversión en conocimiento (OCDE, 1998). La idea general que se encuentra detrás de esta apuesta al conocimiento es que la tecnología no se reduce a maquinaria e instrumentos sino que incluye una parte importante de activos intangibles (conocimiento). Parte de este conocimiento está codificado (libros, artículos, programas de computación, patentes, etcétera) y los derechos de propiedad intelectual permiten que se negocie en el mercado. Sin embargo, otra parte del conocimiento no está codificado y se manifiesta en comunicación personal entre científicos, experiencia práctica y redes de colaboración; además, el

² Este programa nunca sería oficializado.

conocimiento debe ser adaptado o ajustado a las condiciones en que se aplica y también divulgado. De manera que no es un mercado perfecto. Es por ello que el Estado se convierte en la clave para canalizar la adquisición, adaptación a las condiciones y difusión del conocimiento. Lo cual se logra de muy diversas maneras, como son las becas, los fondos de investigación, las asociaciones público-privadas, los subsidios a empresas innovadoras, la formación de redes de investigación, etcétera.

El objetivo de este paradigma de la economía del conocimiento, que también es el mismo de la metodología de los sistemas nacionales de innovación, gira en torno al concepto de innovación, que es la creación de productos, procesos o servicios mejores y más eficientes. Se supone que la innovación conduce a una mayor competitividad y, consecuentemente, al desarrollo.³

Algunas voces intelectuales propusieron, explícitamente, que las NT pueden ser estratégicas para que los países menos desarrollados den un salto hacia el desarrollo. Un documento del Grupo de Trabajo sobre Ciencia, Tecnología e Innovación del Proyecto del Milenio de la Organización de las Naciones Unidas puso énfasis en la capacidad de las NT para la mejora de las condiciones de vida para los pobres (Juma y YeeCheong,

³ Como el concepto de innovación se elaboró de manera desconectada del proceso de acumulación de capital, es común que las metodologías que lo soportan, como el Sistema Nacional de Innovación, no distingan en el análisis de la innovación entre los diferentes niveles de la cadena productiva (materia prima, medios de producción, artículos de consumo). Esta distinción es clave para analizar el grado de dependencia tecnológica de un país, algo que se deja de lado si se valora la innovación con independencia del lugar en la cadena productiva. También se pierde de vista el hecho de que no es lo mismo la innovación en una cadena productiva clave del país, donde se genera una parte importante del Producto Interno Bruto (PIB), que la innovación en un sector marginal en cuanto a su aporte al valor total generado. Existen, no obstante, diferencias entre los países, y muchos ya están integrando el instrumental de los sistemas de innovación en una perspectiva económica más amplia. En Argentina, por ejemplo, los últimos fondos para CYT se organizan según cadenas de valor y clústeres productivos. En México, el diagnóstico de las NT realizado por el Cimav (Centro de Investigación en Materiales Avanzados), sugiere que el país debe convertirse en ofertante mundial de nanopartículas de plata, dado su primer lugar como productor mundial de este mineral. En Brasil, los foros de competitividad pretenden adecuar la política industrial a las cadenas productivas.

2005). La biotecnología, las tecnologías de la información y comunicaciones y las NT pasan a ser identificadas como áreas prioritarias de este paradigma de economía basada en el conocimiento; y el concepto de innovación para la competitividad se convierte en el objetivo a alcanzar. Dos metodologías se promovían para eso: los Sistemas Nacionales de Innovación (SNI), y la selección de prioridades.

Los SNI tienen como propósito integrar la investigación (mayoritariamente pública en América Latina) con las empresas, articulando la llamada triple hélice (gobierno + academia + empresa). La mayoría de los países latinoamericanos crearon sistemas o agencias de innovación y muchos agregaron la palabra innovación a sus instituciones e incluso ministerios.⁴

Las prioridades tienen el propósito de determinar ciertas áreas clave de financiamiento, procurando aliviar la tensión entre el desarrollo de la ciencia, por un lado, y el de la economía, por el otro (Drilhon, 1991; Gassler *et al.*, 2004). Un indicador de esta tensión, entre invertir en ciencia con resultados nunca inmediatos y satisfacer las presiones inmediatas en torno a la economía, es el escaso porcentaje del PIB destinado a investigación y desarrollo (ID) experimental en América Latina. En la última década, Brasil ha alcanzado el uno por ciento, lo cual es, *grosso modo*, entre la mitad y un tercio de lo que dedican las naciones desarrolladas, mientras que la mayoría de los países de América Latina no rebasó el 0.5% del PIB. Sin embargo, a pesar del escaso presupuesto público destinado a ID, muchos de los países latinoamericanos utilizan el criterio de área prioritaria para orientar una parte importante de aquel porcentaje a crear centros de excelencia en NT, biotecnología y otros. De esta forma se satisface parcialmente la presión de los organismos internacionales para transitar hacia una economía del conocimiento, a costa de crear una inmensa brecha entre los cen-

⁴ En Argentina, el organismo encargado de la ciencia y tecnología agrega la palabra innovación desde 1991, y en 2007 se transforma en Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. En Brasil, el Ministerio da Ciência e Tecnologia, creado en 1985, pasa a llamarse Ministerio da Ciência, Tecnologia e Inovação a partir de 2011.

tros de excelencia y las condiciones generales de educación de la población en cuanto a conocimiento se refiere.

El impulso a las NT en América Latina desde organismos internacionales llegó primero a través el Banco Mundial. Desde finales de la década de los noventa, éste y otras instituciones crearon una red global de Iniciativas Científicas del Milenio (ICM), mismas que se materializaron en centros de excelencia en los países en desarrollo, con el propósito de promover la investigación en CYT con el mismo nivel de la infraestructura y recursos que existe en las naciones desarrolladas (Macilwain, 1998). Los objetivos de las ICM fueron:

[...]to foster growth in scientific research capacities, employing and stimulating the best talent in the country, as a key factor for sustainable socio-economic development. The Programme anticipates that the creation of Centres of Scientific Excellence will give rise to Scientific Institutes and Scientific Nuclei under a competitive and transparent process. These centres will pursue scientific research on the frontier, the training of scientists and the establishment of links with the productive sector and other institutional agreements (ICM, *s/f*).

El prototipo de estas ICM se instrumentó en Chile. En 1999, el Banco Mundial destinó un préstamo de cinco millones de dólares para el primer periodo de dos años y medio, que fue acompañado por diez millones de dólares del presupuesto nacional de Chile (ICM, *s/f*). Varios institutos de investigación en NT fueron creados mediante las ICM a partir de 1999 y durante los años siguientes (por ejemplo, Universidad Técnica Federico Santa María, Universidad Andrés Bello). Además de Chile, Brasil, México y Venezuela también recibieron ICMS. Cuatro institutos del milenio, en diversas áreas de las NT, fueron creados en Brasil en 2001: Instituto de Nanociencias; Instituto de Materiales Complejos; Red de Investigación en Sistemas de *Chips*, Microsistemas y Nanoelectrónica; y el Instituto Multidisciplinario de Materiales Poliméricos (ABDI, 2010); y en México, otro proyecto de NT fue creado en San Luis Potosí, el Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica (IPICYT) (Rushton, Zá-yago y Foladori, 2009; Foladori y Fuentes, 2008).

En el caso mexicano, y dado que este país forma parte de la OCDE, esta institución ejerce considerable influencia en la política de CYT (Záyago y Foladori, 2012). Al igual que el Banco Mundial, la OCDE promueve la economía basada en el conocimiento (OCDE, 1996),⁵ y recomendó varias acciones para crear una industria tecnológicamente competitiva en México; entre otras, la creación de una institución que controlara toda la CYT; la elaboración de una política en ciencia y tecnología vinculada a las demandas de la empresa; la búsqueda de financiamiento externo, y la reestructuración del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) (OCDE, 1994). Para acomodar la política de CYT a las recomendaciones de la OCDE México solicitó, en 1997, 700 millones de dólares al Banco Mundial 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 (Banco Mundial, 1998).

La OEA también es uno de los organismos internacionales que ha tenido influencia en homogeneizar una política de CYT en América Latina. Diversas conferencias de alto nivel de la Comisión Interamericana de Ciencia y Tecnología (Comicyt-OEA), creada en 1998, han tratado el tema del papel de la CYT en el desarrollo. El documento de 2004, titulado *Science, Technology, Engineering and Innovation for Development: A vision for the Americas in the Twenty First Century* reseña la trayectoria institucional en el tema de CYT, realiza un diagnóstico de la situación en la región y divulga el proyecto de cooperación hemisférica en políticas de CYT (*Hemispheric Cooperation in the Development of Science and Technology Policy*), aprobado en 2003. El diagnóstico resalta tres aspectos: existe en América Latina poca inversión en CYT por parte de las empresas privadas; los gobiernos contribuyen con un porcentaje en torno al 0.5% del PIB a ID, lo cual está entre cuatro y seis veces por debajo del porcentaje de

⁵ "Emerging technologies, notably information and communication technology (ICT), biotechnology, and, possibly in the future, others such as nanotechnology. These new technologies have in common a large leverage effect in that they can influence entire parts of the economy" (OCDE, 2001: 28).

los países desarrollados y hasta veinte veces si se mide en términos de PIB per cápita; y existe poca infraestructura de CYT y escasa comunicación entre sus actores. El documento coloca como aspecto central de las políticas a implementar el objetivo de la competitividad (*Science, Technology and Innovation to increase competitiveness in the productive sector*) y hace mención a un abanico de políticas para instrumentar tal objetivo (fiscales y tributarias, de financiamiento, homogeneización de metrología, desarrollo de infraestructura, fortalecimiento de la propiedad intelectual, etcétera). Estos temas y otros también importantes se discutieron en diversos seminarios regionales llevados a cabo entre 1998 y 2003 y, finalmente, cuatro áreas fueron seleccionadas como prioritarias: biotecnología; tecnologías de la información y redes avanzadas; materiales y nanotecnología; tecnologías limpias y energías renovables (OEST, 2004).⁶

El CYTED, un organismo iberoamericano que funciona desde 1984 en 19 países de América Latina, España y Portugal, financia regularmente proyectos de investigación y redes iberoamericanas, y también promueve el paradigma de la economía del conocimiento. A la fecha el CYTED ha financiado decenas de redes y proyectos de investigación (CYTED, s/f), y en 1999 financió, tal vez, el primero sobre NT, como fue anotado más arriba.⁷

⁶ El área de NT no había aparecido en las resoluciones de los talleres antes de diciembre de 2003; sin embargo, en la reunión de Quito, del 10 al 12 de diciembre de ese mismo año, fue introducido en la sesión inaugural por Saul Hahn, especialista de la Oficina de Ciencia y Tecnología de la Organización de Estados Americanos, en su conferencia: "Ciencia de punta para el desarrollo y aspectos comunes de los grupos de trabajo" (OEST, 2004; Comicyt, 2004).

⁷ Otros organismos internacionales también participan de la política científica de impulsar la economía basada en el conocimiento, y de incorporar a las NT dentro de las prioridades de CYT. Tal es el caso del Consejo Sudamericano de Educación, Cultura, Ciencia, Tecnología e Innovación (Coseccti), que funciona en el ámbito de la Unión de Naciones Sudamericanas (Unasur) (Hirschfeld, 2010). También impulsan la economía basada en el conocimiento la Comisión de las Naciones Unidas de la Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, y la Comisión Económica para América Latina, aunque esta última institución demuestra ser más cauta en cuanto a los efectos de estas tecnologías, advirtiendo sus potenciales efectos negativos, como lo señaló la secretaria ejecutiva de la Comisión Económica para América Latina (CEPAL) en 2009: "Los nuevos paradigmas tecnoeconómicos como las TIC, la biotecnología y la nanotecnología conducen a reestructurar viejas ramas industriales y a

Más allá de las diferencias de cada país, las políticas de NT en América Latina deben entenderse en el contexto de los lineamientos de los organismos internacionales.

Al cabo de la primera década del siglo la mayoría de los países de América Latina consideraban a las NT como área prioritaria en sus políticas de CYT. El cuadro 1 muestra el año en que el país en cuestión incorpora a las NT en sus políticas públicas.

CUADRO 1
CRONOLOGÍA NO EXHAUSTIVA DE LOS PRIMEROS
DOCUMENTOS OFICIALES DE POLÍTICA CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA
QUE INCLUYEN EXPLÍCITAMENTE A LA NANOTECNOLOGÍA
COMO ÁREA PRIORITARIA EN PAÍSES DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

Año*	País	Institución promotora
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

* La fecha sólo indica la consideración de las NT como área estratégica para el desarrollo, no necesariamente el comienzo de financiamiento explícito.

FUENTE: elaboración propia

crear nuevas. Se genera así un doble desafío, a saber, el de evitar sus efectos negativos en actividades ya establecidas y el de aprovechar las nuevas ventanas de oportunidad que se abren” (Bárcena, 2009).

Las recetas de los organismos internacionales sólo señalan áreas prioritarias y grandes objetivos, y no se aplican de igual forma en los países. Aunque un análisis de las diferencias en el caso de las políticas de NT no ha sido realizado existen diferencias en cuanto al presupuesto asignado, a la inversión en equipamiento, a privilegiar centros públicos o privados, a la proporción en que se distribuyen los fondos de investigación en proyectos en asociación con empresas; al grado de centralización o dispersión geográfica de los financiamientos públicos en el país;⁸ al énfasis en laboratorios multiusuarios; al grado de integración de los fondos con las cadenas de valor de la estructura productiva del país, y a muchos otros factores.

No obstante estas diferencias, al mismo tiempo pueden identificarse varias constantes en los documentos del Banco Mundial, de la OCDE y de la OEA, como la creciente orientación de los fondos públicos para investigaciones con participación empresarial, el impulso a la creación de centros de excelencia, la visión totalmente benigna y optimista del impacto de las nuevas tecnologías en la economía y la sociedad, o el incentivo para que los investigadores cooperen en redes.⁹

Así como existen principios que se repiten en las recetas de los organismos internacionales hay otros elementos que, por su ausencia, también constituyen una constante. Los casos más relevantes son la ausencia de consideración sobre los potenciales riesgos a la salud y al medio ambiente, así como acerca de los sectores laborales desplazados por el desarrollo de las NT. Estos temas no aparecen en las recetas de política de CYT de los

⁸ El 30% de los fondos sectoriales en Brasil deben canalizarse hacia las regiones menos desarrolladas del norte, nordeste y centro-oeste; en Argentina el programa de financiamiento "Áreas de Vacancia" requirió que los concursantes se organizaran en redes que incluyeran, al menos, dos grupos de investigación de las zonas de menor desarrollo de Cuyo, Nordeste, Noroeste y Patagonia.

⁹ Un ejemplo de la imagen optimista que transmiten los consultores en NT puede verse en el tema del empleo. Las estimaciones de la National Science Foundation, LuxResearch y otros se preocupan por la cantidad de empleos que las NT generarían (Palmberg, Dernis y Miguet, 2009). No se interesan por estimar los empleos que se perderían por la competencia de las industrias de NT sobre las más atrasadas. Esto último fue la preocupación del ETC Group (2005) y de otros investigadores (Sarma y Chaudhury, 2009; Invernizzi y Foladori, 2011).

organismos internacionales durante la primera década del siglo a pesar de que los países que comandan dichas organizaciones, como Estados Unidos y algunos de la Unión Europea, sí los tenían contemplados en sus agendas internas, y que eran reclamados por las organizaciones no gubernamentales (ONG) y los sindicatos, además de reconocidos por el sector empresarial. El hecho de que nuevas tecnologías generen no sólo beneficios sino también riesgos y perjuicios es una verdad de Perogrullo para cualquier experto en CYT.

EL CAPÍTULO DE RIESGOS A LA SALUD Y AL MEDIO AMBIENTE DE LAS NANOTECNOLOGÍAS EN LAS AGENDAS PÚBLICAS

Que existan potenciales riesgos a la salud y al medio ambiente de las NT no es una novedad. Cuando Estados Unidos lanzó su National Nanotechnology Initiative en el año 2000 incluyeron, aunque con un presupuesto marginal, un capítulo dedicado a los riesgos e impactos sociales. Por otro lado, en el documento *National Nanotechnology Initiative: The Initiative and its Implementation Plan*, del 2000, se incluye como capítulo 13 el siguiente: “Societal Implications of Nanotechnology and Workforce Education and Training”. En él puede leerse:

When radically new technologies are developed, social, economical, ethical, legal, environmental and workforce development issues can rise. Those issues would require specific research activities and measures to take advantage of opportunities or reduce potential risks. NNI will address these issues in a program that will establish research into ethical, social, economic, and workforce impacts of information technology [...] (National Science and Technology Council, 2000: 79).

Aunque el porcentaje destinado en los años fiscales 2000 y 2001 a dicho capítulo fue de apenas el 5.6 % del total y, por lo tanto, motivo de fuertes críticas por muy diversos sectores sociales y analistas, el tema estuvo planteado desde el inicio.

Sin embargo, no fue incluido por los expertos del Banco Mundial ni de la OEA ni de la OCDE en sus políticas de CYT hacia América Latina.

La agencia Cordis, que es el servicio de información en ID de la Unión Europea, hizo públicos diversos reportes sobre potenciales riesgos de las NT desde comienzos de este siglo XXI. Por ejemplo, en los años 2001 y 2002 dichos reportes, aunque bajo la responsabilidad de los autores, fueron encomendados por la comisión de ID o por los grupos asesores de CT (Cordis, *s/f*). Sin embargo, al igual que en el caso de Estados Unidos, este tema de los riesgos de las NT no fue incluido por los asesores europeos en la propuesta de reestructuración de la política de CYT de México por parte de la OCDE.

No sólo las agencias gubernamentales de los países desarrollados reconocían los potenciales riesgos de las NT desde comienzos del siglo, sino también el sector empresarial. Una de las mayores reaseguradoras mundiales, la Munich Re, emitió en 2002 un reporte sobre las NT, donde auguraba un incremento de las demandas judiciales debido a los riesgos y efectos que provocarían (Munich Re Group, 2002).¹⁰ Más tarde otras aseguradoras se sumaron a tal hecho (Chatterjee, 2009).

Academias de países desarrollados y científicos también fueron conscientes de los potenciales riesgos. Artículos científicos sobre los riesgos a la salud y/o el medio ambiente de las NT existen, al menos, desde mediados de los noventa.¹¹ Y en 2004 salió a la luz el informe de la Sociedad Real y la Academia Real de Ingeniería del Reino Unido (RS&RAE, 2004), ampliamente citado posteriormente, donde se hace clara mención de los riesgos, los sujetos más expuestos y las rutas de exposición a las nanopartículas.

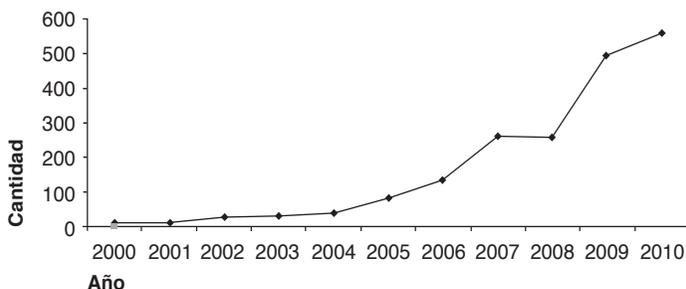
¹⁰ "New dimension in claims for personal injury, material damage, and financial loss, as well as liability risks in product, environment, and public liability." (Munich Re, 2002: 1240).

¹¹ Véase, por ejemplo, Shanbhag *et al.*, 1994; Oberdörster *et al.*, 1995; Tsuchiya *et al.*, 1996; Tan *et al.*, 1996. Existen varios bancos de datos de artículos científicos relativos a riesgos de las NT. Entre ellos el del International Council on Nanotechnology de la Rice University de Estados Unidos (ICON, *s/f*); el de la Nanotechnology Citizen Engagement Organization (NanoCeo, *s/f*), y el de la OCDE (*s/f*).

El International Council on Nanotechnology (ICON), una institución de la Universidad de Rice (Estados Unidos) que investiga sobre riesgos de los nanomateriales, tiene un banco de información al respecto. De 2000 a 2010 éste registró un aumento sostenido de los artículos publicados en revistas científicas arbitradas dedicados a analizar los potenciales riesgos de los nanomateriales en la salud humana y/o en el medio ambiente. La gráfica 1 ilustra este crecimiento. En 2010, que es el último año completo registrado, los artículos científicos publicados llegaron a 563.

GRÁFICA 1

EVOLUCIÓN DE LA CANTIDAD DE ARTÍCULOS CIENTÍFICOS ARBITRADOS SOBRE RIESGOS A LA SALUD Y/O EL MEDIO AMBIENTE DE LOS NANOMATERIALES MANUFACTURADOS 2000-2010 SEGÚN EL INTERNATIONAL COUNCIL ON NANOTECHNOLOGY



FUENTE: elaboración propia a partir del banco de datos de ICON (<http://icon.rice.edu/>) combinando los siguientes nanomateriales: [Carbon or Metal or Organic/Polymers or Semiconductor or Oxide or Multiple or Other/Unspecified] + Hazard para los siguientes grupos [Industrial/Research Workers or Consumers or General Population or Ecosystem or Other/Unspecified] + Peer Reviewed Journal Article + Engineered.

Otra organización, la NanoCeo (*Nanotechnology Citizen Engagement Organization*) elabora un banco de datos que permite clasificar los artículos científicos sobre riesgos de los nanomateriales según el tipo de material nanomanufacturado. En el cuadro 2 puede verse que entre el año 2000 y finales de 2010

CUADRO 2
CANTIDAD DE ARTÍCULOS CIENTÍFICOS SOBRE RIESGOS A LA SALUD Y AL MEDIO AMBIENTE
DE NANOMATERIALES SELECCIONADOS, 2000-2010

Año	NTC	Fullerenos	Dendrí- meros	Partículas ultrafinas en el aire	Quantum dots / nanocris- tales	Dióxido de titanio	Plata	Zinc	Sílice	Oro	Cobre	Aluminio
2000	-	1	2	2	-	1	2	-	-	-	-	-
2001	1	1	-	1	-	3	2	-	-	-	-	-
2002	-	3	2	7	1	3	2	-	-	-	-	-
2003	1	1	4	2	3	5	5	-	-	-	-	-
2004	5	3	3	1	5	2	9	-	-	-	-	-
2005	13	5	3	6	5	5	15	-	-	-	-	1
2006	25	9	2	2	5	7	20	2	2	-	1	-
2007	41	15	1	11	7	14	31	1	5	3	5	1
2008	28	9	-	1	9	17	36	2	1	2	1	1
2009	8	-	-	-	3	3	24	1	3	3	1	-
2010	54	6	2	-	11	10	44	5	3	3	1	1
Total	176	53	19	33	49	70	190	11	14	11	9	4

FUENTE: base de datos de NanoCeo (Nanotechnology Citizen Engagement Organization, en www.nanoceo.net/nanorisks). Consultada el 22 de noviembre de 2010.

se han acumulado 176 artículos sobre riesgos de los nanotubos de carbono, 190 sobre los de la nanoplata y setenta los correspondientes al dióxido de titanio, entre otros materiales. Puede apreciarse cómo han ido aumentando los trabajos científicos en la primera década del siglo, y también cómo algunos nanomateriales sólo registran pocas publicaciones sobre sus potenciales riesgos.

La acumulación de información científica en estos y en otros bancos de datos ya no permite ignorar la duda razonable de que varias nanopartículas son tóxicas para la salud humana y el medio ambiente.

Sin embargo, el llamado de atención mundial no fue dado por la academia, ni por los gobiernos, ni por las empresas, sino por el Grupo ETC (Erosión, Tecnología y Concentración), una ONG que en 2002 llamó a una moratoria a las NT en la Cumbre sobre Desarrollo Sustentable realizada en Sudáfrica (ETC Group, 2002); y, un año después, lanzó el también ampliamente citado y comentado reporte *The Big Down: Atomtech-Technologies Converging at the Nano-scale* (ETC Group, 2003). El ETC Group argumentaba que se estaba investigando con NT, y productos con nanopartículas entraban al mercado sin ningún tipo de regulación ni estudio de riesgo, y llamaba a la formación de un organismo internacional para evaluar estas nuevas tecnologías.

En resumen, tanto los gobiernos de los países desarrollados, como el sector empresarial, el académico y las ONG eran plenamente conscientes, desde el primer quinquenio del siglo, de que existían potenciales riesgos a la salud y al medio ambiente de las NT. Es en este contexto que los países de América Latina seleccionan a las NT como área prioritaria y financian la investigación y la infraestructura de laboratorio.

En América Latina los gobiernos promueven las NT mediante políticas de CYT y financiamiento a la investigación. Aunque resulta difícil estimar los financiamientos públicos, algunas cifras son citadas por los analistas. Para Argentina, Salvarezza (2011) menciona cincuenta millones de dólares entre 2006 y

2010. En Brasil serían alrededor de 190 millones de dólares entre el 2004 y el 2009 por parte del Ministerio de Ciencia y Tecnología (Invernizzi, Körbes y Fuck, 2012), sin contar los fondos de los propios estados, que sólo en el caso de Sao Paulo, Minas Gerais y Río de Janeiro deben ser mayores a sesenta millones de dólares en ese periodo. Para México es aún más difícil estimarlo; Takeuchi y Mora Ramos (2011) suponen cerca de sesenta millones de dólares entre 2005 y 2010. En Chile treinta millones de dólares entre 2005 y 2010 (Zumelzu Delgado y Zárate, 2011).

Prácticamente nada del financiamiento público de los países de América Latina destinado a las NT fue dirigido a estudios de riesgo. La única excepción es un llamado por parte del CNPQ (del Ministerio de Ciencia y Tecnología del Brasil) en 2004 con el título: “Estudo de aspectos éticos ou impactos ambientais da nanotecnología e nanobiotecnología” (MCT, 2006); aunque en tal caso sólo la mitad del presupuesto fue liberado (35 mil dólares aproximadamente).¹² No obstante, este llamado no tuvo continuidad.

De manera que, durante el primer quinquenio del siglo, los organismos internacionales impulsaban las NT como áreas prioritarias en el camino hacia economías con base en el conocimiento, y los gobiernos de los países latinoamericanos recibían la consigna y comenzaban a crear las bases de infraestructura, las redes de investigación y los instrumentos económicos para financiarlas, pero todo ello lo hacían absteniéndose de colocar en las agendas el tema de los potenciales riesgos a la salud y al medio ambiente.¹³ Paralelamente, el mundo empresarial, el académico, los gobiernos de los países desarrollados, las ONGS y los sindicatos sabían perfectamente que existía un riesgo potencial en materia de salud y medio ambiente que debía ser considerado.

¹² Para un mayor detalle sobre los resultados de este llamado véase Martins *et al.*, 2007.

¹³ Esto no impidió el desarrollo de proyectos de investigación y actividades sobre riesgos de las NT por parte de los investigadores en América Latina, pero han sido casos contados y sin que el tema fuese incorporado explícitamente a las políticas de CYT y/o hubiese financiamientos específicos.

Aunque la preocupación por los potenciales efectos perjudiciales de las tecnologías tiene larga data, ya que la discusión internacional sobre los efectos de la actividad humana sobre el medio ambiente adquiere dinamismo en los años setenta, es hacia finales de la década de los ochenta cuando una serie de reuniones internacionales confluyen en utilizar el concepto de desarrollo sostenible (o sustentable) como bandera para una relación más armónica entre el ser humano y su entorno. Dicho concepto contempla diversas áreas, aunque por conveniencia se les ha agrupado en tres: la *sustentabilidad económica* da cuenta de la necesidad de que el desarrollo económico pueda impulsarse sin barreras naturales como podría ser la restricción de recursos naturales y/o efectos de la contaminación que hagan inviables determinados espacios productivos. La *sustentabilidad ecológica* se refiere a que el desarrollo no interrumpa la dinámica de la naturaleza, garantizando que las funciones ecológicas continúen cumpliéndose y evitando romper con los ciclos biogeoquímicos que dan soporte a la vida en todas sus dimensiones. Hoy en día, el calentamiento global y la pérdida de biodiversidad son los dos aspectos más preocupantes de la sustentabilidad ecológica a nivel internacional. La *sustentabilidad social* es, a todas luces, el aspecto más conflictivo, ya que supone un desarrollo tendente a superar los problemas de pobreza y equidad que no siempre coinciden con las tendencias del desarrollo económico (Pierry y Foladori, 2005). Como resultado de la incorporación del concepto de desarrollo sostenible en las agendas gubernamentales de los diferentes sectores, el tema de los potenciales riesgos ambientales y para la salud humana de las nuevas tecnologías no es ajeno a este contexto. De ahí que con mayor énfasis cada nueva política está obligada a incorporar este tipo de preocupaciones.

**EL CAPÍTULO DE RIESGOS A LA SALUD
Y AL MEDIO AMBIENTE DE LAS NANOTECNOLOGÍAS
EN LAS AGENDAS DE LAS ORGANIZACIONES
SOCIALES Y SINDICATOS**

Mientras las agencias de ID de Estados Unidos y la Unión Europea relegaban internamente el tema de los riesgos de las NT, y sus asesores en las instituciones internacionales de apoyo a CYT en América Latina omitían considerarlo, fueron los sindicatos y las ONGS latinoamericanos los encargados de divulgar el tema en la región.

Primero fue la Secretaría Latinoamericana de la IUF (International Union of Food, Agricultural, Hotel, Restaurant, Catering, Tobacco and Allied Workers' Associations) –en español Rel-UITA¹⁴– una unión de sindicatos a escala mundial con más de doce millones de miembros. Alertada de los potenciales riesgos de las NT sobre los trabajadores y en la expectativa de que éstas se desarrollasen, primero como continuación de las biotecnologías, y luego fuesen aplicadas en agroquímicos, la Secretaría Latinoamericana de la UITA lanzó una ventana en su página electrónica sobre el tema; elaboró folletos de divulgación para educación sindical, y redactó una propuesta de ocho puntos para ser discutida en su 13° Congreso Latinoamericano, realizado a finales de 2006 en Santo Domingo. Con la presencia de 39 sindicatos correspondientes a 14 países y 95 delegados fue aprobada la resolución sobre NT. En términos generales la declaración llamaba al debate público, advirtiendo sobre qué productos que contenían nanocomponentes estaban siendo lanzados al mercado antes de que la sociedad civil y los movimientos sociales tuvieran la oportunidad de evaluar sus posibles implicaciones en términos económicos, ambientales y sociales, así como su efecto en la salud humana. Más

¹⁴ Regional Latinoamericana de la Unión Internacional de Trabajadores de la Alimentación, la Agricultura y Afines.

aún, la declaración llamaba a asegurar que el debate sobre un tema que implica profundos cambios sociales no debe ser dejado en manos de los expertos. Se trata de la primera declaración lanzada a nivel continental por una federación de sindicatos. Meses después, en marzo de 2007, fue realizado el 25° Congreso de la IUTA en Ginebra, Suiza. La declaración de Santo Domingo fue introducida y aprobada, extendiendo así su impacto a los 122 países donde la UITA tiene sindicatos (UITA, 2007; IUF, *s/f*; Foladori e Invernizzi, 2008):

The 25th IUF Congress meeting in Geneva, March 19-22, 2007

Resolves:

1. To mobilize our affiliated organizations and urge them to discuss with the rest of society and governments the possible consequences of NT.
2. To demand that governments and the international organizations concerned apply the *Principle of Precaution*, prohibiting the sale of food, beverages and fodder, and all agricultural inputs which contain nanotechnology, until it is shown that they are safe and to approve an international system of regulation specifically designed to analyse these products.
3. To demand that the World Trade Organization (WTO) suspend the grant of patents related to nanotechnology in the food industry and agriculture, until the countries affected and social movements can carry out an evaluation of their impact.
4. To demand that the World Health Organization (WHO) and the United Nations Food and Agriculture Organization (FAO) update the *Codex Alimentarius*, taking into account the use of nanotechnology in food and agriculture.
5. To request the WHO to initiate short and long-term studies into the potential effects of nanotechnology –especially nanoparticles– on the health of the technicians and workers that produce them, users and consumers.
6. To request the International Labour Organization (ILO) to carry out an urgent study into the possible impact of nanotechnology on conditions of work and employment in agriculture and in the food industry. Following completion of the study, a Tripartite Conference on the subject must be convened as soon as possible.

Submitted by the 13th Conference of Rel-IUTA

FUENTE: IUF Resolution, en www.iufdocuments.org/rc2007/en/RC03%20Draft%20re-solutions.pdf

La declaración latinoamericana (2006) y mundial (2007) por parte de la IUF fue seguida por el lanzamiento de los “Principles for the Oversight of Nanotechnologies and Nanomaterials” (2007), una declaración mundial firmada por decenas de ONGS y sindicatos en todo el mundo, y signada por la Rel-UITA (Secretaría Regional Latinoamericana de la IUF) y varias ONGS de América Latina (NanoAction, 2007); posteriormente fue seguida por la declaración sobre las NT de la European Trade Union Confederation (ETUC, 2008).

La Red Latinoamericana de Nanotecnología y Sociedad (RELANS), con una coordinación repartida entre México y Brasil, se formó en 2006, y desde entonces mantiene en su página electrónica una ventana para información referente a “NT y trabajadores”. Ha publicado dos libros que versan sobre las NT en América Latina (2008 y 2012) donde sus miembros han escrito artículos de los diferentes países. El tema de los riesgos ha sido abordado en la compilación *Nanotecnología en la alimentación y agricultura* y en el folleto de divulgación: “Implicaciones sociales y ambientales del desarrollo de las nanotecnologías en América Latina y el Caribe”, que es un proyecto realizado junto con IPEN (International POPS Elimination Network).¹⁵

Posiblemente, Brasil es el país donde las actividades de los sindicatos, las redes académicas y las ONGS han sido más frecuentes para tratar los potenciales impactos que las NT tienen en la salud y el medio ambiente, así como también sus implicaciones en el empleo. En otros países, como Argentina y Uruguay, también se han presentado actividades sindicales puntuales. No es de sorprender que así sea en Brasil, ya que se trata del país más avanzado en ID en NT según los indicadores de CYT, y el que cuenta con más empresas investigando y/o produciendo con NT en América Latina (Foladori *et al.*, 2012). Le siguen México y luego Argentina (Robles-Belmont, 2012; Kay y Shapira, 2009; OICTEI, 2008).

¹⁵ Las actividades y publicaciones de RELANS pueden consultarse en www.relans.org

En Brasil sus principales confederaciones sindicales manifestaron preocupación por los riesgos de las NT. Contag (Confederación Nacional de Trabalhadores na Agricultura), Força Sindical y otros sindicatos, como los de metalúrgicos, de químicos, de farmacia, se han pronunciado de diversas formas. Algunas de estas agrupaciones o sus afiliados han realizado seminarios y materiales de divulgación sobre NT.¹⁶ Los sindicatos tienen dos instituciones que han incorporado a su trabajo el monitoreo y análisis de los efectos de las NT en la salud, el medio ambiente y el empleo. DIEESE es el Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconomicos y DIESAT es el Departamento Intersindical de Estudos e Pesquisas de Saúde e dos Ambientes de Trabalho.¹⁷

Fundacentro es una institución vinculada al Ministerio del Trabajo de Brasil, destinada a estudiar la seguridad y riesgos a la salud en los lugares de trabajo. La dirección es tripartita (gobierno, sindicatos, organizaciones empresariales). Además de colaborar con la Organización Mundial de la Salud, Fundacentro también lo hace con la Organización Internacional del Trabajo. Y con respecto a las NT, han organizado seminarios, congresos y editado material de formación sindical.¹⁸

Renanosoma (Rede de Nanotecnologia Sociedade e Meio Ambiente)¹⁹ es un organismo académico ligado a investigadores en ciencias sociales que funciona desde 2004. Ha organizado más de siete seminarios nacionales e internacionales. El prime-

¹⁶ La Contag, por ejemplo, realizó el seminario “Novas Tecnologias e a Globalização”, en 2010, en Rio Grande do Sul, que reunió a decenas de representantes sindicales y de federaciones de sindicatos para discutir las NT.

¹⁷ DIEESE editó la ficha técnica llamada “Nanotecnologia: conhecer para enfrentar os desafios” (2008).

¹⁸ Algunos ejemplos de las actividades de Fundacentro: Primer Seminario Internacional “Nanotecnología e os Trabalhadores” (2006); seminario “Nanotecnologia, Saúde dos Trabalhadores, Alimentos e Impactos à Sociedade e ao Meio Ambiente” (2007); Seminario Internacional “Nanotecnología e Commodities Agrícolas e Mineiras” (2007); proyecto de investigación “Impactos de la nanotecnología en la salud de los trabajadores y el medio ambiente”; material de divulgación “Texto em quadrinhos”; “Simpósio internacional impactos das nanotecnologias sobre a saúde dos trabalhadores e sobre o meio ambiente” (2010). La mayoría de estas actividades fueron desarrolladas en colaboración con Renanosoma, IIEP, DIEESE, y/o Fiocruz.

¹⁹ Las actividades de Renanosoma pueden ser consultadas en www.nanotecnologiadoavesso.org/

ro, “Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente” fue realizado ese mismo año, y tiene una continuación anual. Ha publicado siete libros y coorganizado varios eventos junto con Fundacentro, IIEP y otras instituciones. Esta red fue favorecida con el llamado a concurso de proyectos de CNPQ en 2004 (véase *supra*) y en 2005 (MCT-CNPQ, 2006). Posteriormente, creció al margen de los financiamientos públicos (Martins *et al.*, 2007). Desde 2009 llevan a cabo un programa en línea “Nanotecnologia do avesso” (NT al revés), que ya realizó más de 160 reportajes.²⁰

Al comienzo de la segunda década del siglo xxi el tema de los riesgos de las NT comienza a tener mayor presencia a nivel mundial y también latinoamericano. Los medios empresariales reconocen, luego de diez años, el riesgo de las NT. En 2010, por ejemplo, se realizó la conferencia Nano Renewable Energy,²¹ con expertos científicos y empresariales en energías renovables, donde Hussey, el director ejecutivo de la empresa Nanolnk señaló: “There are no good, well-controlled studies to prove the safety of our nanomaterials [...] We need to lead the world in environmental health and safety nanotech testing. We either get ahead of this or it will roll over us as an industry” (citado por Motavalli, 2010).

Aún más significativo es el hecho de que el Foro Económico Mundial incluyera, en 2010, la potencial toxicidad de las nanopartículas como uno de los riesgos en el documento *Riesgos globales 2010* (World Economic Forum, 2010). Con respecto a los impactos de las NT en el empleo, tema que fue puesto en la

²⁰ Existen ONGS que también han realizado actividades sobre NT. Entre ellas el IIEP, que es una organización orientada a cuestiones laborales, ha sido activa en coorganizar seminarios junto con Fundacentro y Renanosoma y ha publicado diversos materiales de divulgación.

²¹ El Nano Renewable Energy Summit reúne a expertos en la intersección de la energía solar con las NT, focalizados en negocios, comercialización y desarrollo económico de los potenciales de las tecnologías emergentes en energía renovable y sectores de sustentabilidad. Entre los socios y patrocinadores se encuentran la NanoBusiness Alliance, la Colorado Nanotechnology Alliance, el National Renewable Energy Laboratory (NREL), la Colorado Office of Economic Development and International Trade, la University of Denver, Deloitte, y la New York NanoBusiness Alliance.

mesa de debates por el ETC Group en 2002 y explícitamente tratado en el documento de 2005, *Report Prepared for the South Centre. The Potential Impacts of Nano-Scale Technologies on Commodity Markets: the Implications for Commodity Dependent Developing Countries*, fue necesario esperar hasta 2012 cuando la OCDE, junto con la National Nanotechnology Initiative, organizó el primer Simposio Internacional de Evaluación del Impacto Económico de la Nanotecnología (OCDE-NNI, 2012).

Brasil se encuentra a la cabeza en incorporar el tema de riesgos en las políticas de CYT de América Latina. El CNPQ lanzó un llamado a concurso público en 2011 para proyectos en nanotoxicología, donde fueron aprobados seis proyectos de investigación (CNPQ, 2011). En el mismo año, la Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), una entidad ligada al Ministerio de Desarrollo, Industria y Comercio Exterior, edita lo que sería el primer informe sobre riesgos de las NT (*Nanotecnologias: subsídios para a problemática dos riscos e regulação*) en Brasil. En México, la Universidad Autónoma de Nuevo León comienza a construir, en 2012, un Centro de Investigación en Biotecnología y Nanotoxicología.²²

Resulta interesante anotar que esta brecha temporal entre las posiciones de las ONGS y los sindicatos, por un lado, y las de los organismos internacionales de promoción a la CYT y los ministerios de Ciencia y Tecnología de los países de América Latina, por el otro, también está influida por la manera en que se incorpora la participación social en la política de CYT. La OEA, por ejemplo, considera necesaria la participación pública en la elaboración de las políticas —y el mismo criterio puede extenderse a todas las instituciones. En el documento de 2004, que incluye el subtítulo “A Vision for the Americas”, y que es responsabilidad de la Oficina de Educación, Ciencia y Tecnología de la OEA, se puede leer: “All the countries in the Hemisphere should generate national strategies and policies to develop science and technology adap-

²² En México existen grupos de investigación sobre nanotoxicología. El Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (Cinvestav), por ejemplo, tiene una línea de investigación en el área.

ted to their needs and linked to their main projects. It is essential to make this policy a national consensus agreed by all the major actors: governments, scientists, the private sector, and the general public” (OEST, 2004: 28).

De lo que se trata es de que se genere un consenso de las políticas entre el “público en general”, pero éste no puede ser otra cosa que la suma de individuos, sin tradición de organización ni forma de participar. En el peor de los casos la participación del público en general se reduce a que los órganos oficiales informen mediante mecanismos de divulgación de CYT (museos, programas de televisión, etcétera); y, en el mejor, sería la realización de foros públicos o consultas vía internet. En cualquiera de las opciones no existe relevancia alguna en términos de modificación de las políticas de CYT.

El Ministerio de Ciencia y Tecnología de Brasil realizó, a finales de 2003 y durante una semana, una consulta pública sobre NT entre los científicos y los periodistas especializados a través de internet. Sólo se obtuvieron 65 respuestas (Anjos, Torres y De Souza, 2004).

En México se creó, en 2002, el Foro Consultivo Científico y Tecnológico (FCCYT), un organismo autónomo que suministra al Poder Ejecutivo la opinión de la comunidad científica y del sector productivo para buscar un consenso en la formulación de políticas de investigación en CYT. En dicho foro sólo participan científicos y empresarios. La mesa directiva está representada por académicos, empresarios y miembros del Sistema Nacional de Investigadores. La modalidad del mismo es reproducida en los estados, y en muchos de ellos la participación es más amplia, pero cuando va más allá de académicos y empresarios se trata, una vez más, del “público en general”, que no tiene tradición ni historia organizativa y cuya opinión pertenece a individuos y no tiene ninguna trascendencia.²³

²³ Para una mayor presencia empresarial en las decisiones de CYT de México, en 2009 se creó el Grupo Vincula, donde participa el FCCYT, instituciones gubernamentales y todas las cámaras de industria y comercio, confederaciones patronales y asociaciones de empresarios.

LAS ONGS y los sindicatos tienen, por el contrario, una organización y una historia de participación y son, por tanto, actores orgánicos que bien pueden formarse una opinión independiente, como la historia de las NT durante la primera década de este siglo lo ha demostrado. Estos grupos muy rara vez participan en órganos de decisión.

No obstante, existe cierta esperanza en que se negocien los intereses de los diferentes sectores sociales. Desde 2006 se cuenta con una instancia internacional y multilateral —porque participan delegados gubernamentales, de organizaciones internacionales, del sector industrial y empresarial, de sindicatos y de ONGS—, aunque no vinculante, que pretende cambiar la forma en que se producen y utilizan las sustancias químicas, con el fin de minimizar los efectos perjudiciales para la salud humana y el medio ambiente. Esta instancia es la Conferencia Internacional sobre Manejo de Químicos (ICCM, por sus siglas en inglés), y su instrumento es el “Enfoque estratégico para la gestión de productos químicos a nivel internacional” —SAICM (Strategic Approach to International Chemicals Management)— (Weinberg, 2008). El SAICM resulta un ámbito estratégico por ser el único espacio institucional multilateral en el seno de la Organización de las Naciones Unidas donde se están discutiendo los riesgos de las NT y por su carácter participativo, que envuelve a representantes de los gobiernos, de organizaciones no gubernamentales tanto de la industria como de interés público, y de las organizaciones sindicales. Durante la tercera semana de septiembre de 2012 se llevó a cabo en Nairobi, Kenia, la Tercera Conferencia Internacional sobre Manejo de Químicos (ICCM3). Reunió a representantes de 122 gobiernos, a 19 organizaciones internacionales, y a cerca de 79 ONGS y sindicatos. El objetivo era evaluar los avances en la instauración del SAICM y elaborar los planes necesarios para dar continuidad a las discusiones y negociaciones. Como resultado se aprobó, por consenso, incluir en el Plan Global de Acción del SAICM los nanomateriales manufacturados. Esto significa un relativo avance, ya que los países deberán instrumentar acciones tendentes a de-

sarrollar programas de monitoreo y seguridad laboral, del consumidor y del medio ambiente, así como difundir y mejorar la información sobre ese tipo de materiales.

CONCLUSIONES

Las NT se habrían desarrollado en América Latina sin las políticas de promoción, pero los cambios en las políticas de CYT, desde finales de los años noventa y durante toda la primera década del siglo XXI, que es cuando las NT adquieren rango de área estratégica o de prioridad, incidieron en la forma en que se desarrollaron. El paradigma de la economía basada en el conocimiento y la orientación de la CYT con el propósito de mejorar la competitividad internacional fueron el marco teórico que justificaba la incorporación de las NT como área prioritaria, incluso en países pequeños donde el caudal de infraestructura de laboratorio y de masa crítica de científicos es reducido para las áreas científico-técnicas de gran inversión de capital, como son las NT. Instituciones internacionales como el Banco Mundial y la OEA fueron claves para brindar financiamiento y lineamientos estratégicos de política científica.

Varias características comunes pueden ser identificadas en la promoción de las NT, como los incentivos a las redes de investigación, la creación de centros de excelencia y la integración academia-empresa en las investigaciones.

En todos los casos, y siguiendo el objetivo que podríamos llamar de “NT para la competitividad” –donde el sector empresarial tiene peso en los comités de gestión de las políticas y de los financiamientos– se omitieron los potenciales riesgos a la salud y al medio ambiente en los lineamientos de política de NT, así como también los efectos en el empleo. Esto puede parecer sorprendente, ya que es una verdad de Perogrullo que las nuevas tecnologías impliquen riesgos. Los científicos y académicos fueron mayoritariamente cómplices de esta omisión, en gran

medida por la camisa de fuerza que significa compartir proyectos de investigación con el sector empresarial, que es un requisito para el acceso a fuentes de financiamiento, lo cual obliga a un lenguaje atractivo para los negocios y lejano a cualquier idea de riesgo o inseguridad.

Fueron las ONGS y los sindicatos los que, en ausencia de la responsabilidad gubernamental, llamaron la atención sobre el tema de los potenciales riesgos de las NT, al ser los trabajadores y los consumidores quienes se encuentran expuestos a los riesgos de las mismas. Desde luego, al omitir el tema la política oficial se distancia de ambos sectores sociales.

BIBLIOGRAFÍA

ABDI (AGENCIA BASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL)

2010 *Panorama Nanotecnologia*, serie “Cadernos da Indústria”, vol. XIX, ABDI, en www.abdi.com.br/Estudo/Panorama%20de%20Nanotecnologia.pdf, consultada el 10 de febrero de 2011.

ALBORNOZ, MARIO

1997 “La política científica y tecnológica en América Latina frente al desafío del pensamiento único”, *Redes*, vol. 4, núm. 10, pp. 95-115.

ANJOS, MÁRCIO AUGUSTO DOS, EDER TORRES TAVARES

y ALFREDO DE SOUZA MENDES

2004 “Relatório sobre a Consulta Pública ao documento elaborado pelo GT de Nanotecnologia (com base nas contribuições recebidas durante a consulta pública, via internet, ao documento elaborado pelo Grupo de Trabalho (GT) de nanotecnologia)”, Ministério da Ciência e Tecnologia, Brasília, enero de 2004, en http://nano.iiep.org.br/sites/default/files/consulta_publica_nano.pdf, consultada el 15 de marzo de 2012.

BANCO MUNDIAL

- 1998 *Project Appraisal Document on a Proposed Loan in the Amount of US\$300 Million to Mexico for a Knowledge and Innovation Project*, Banco Mundial, Washington D. C.
- 1991 *Reporte Mundial de Desarrollo*, Oxford University Press, Nueva York.

BÁRCENA, ALICIA

- 2009 *Palabras de la señora Alicia Bárcena, secretaria ejecutiva de la CEPAL, en la sesión "Competitividad: visión de organismos regionales"* del Foro de Competitividad de las Américas III, 28 de septiembre de 2009, en www.eclac.cl/prensa/noticias/discursossecretaria/3/37253/Versionfinal_Competitividad_foro28deseprev1abi.pdf, consultada el 16 de marzo de 2012.

CHATTERJEE, RHITU

- 2009 "Insurers Scrutinize Nanotechnology", *Environmental Science and Technology*, 1° de marzo, publicado en la red el 21 de enero de 2009, en <http://pubs.acs.org/doi/pdfplus/10.1021/es900041e>, consultada el 15 de marzo de 2012.

CNPQ (CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO)

- 2011 "Chamada MCTI/CNPQ núm. 17/2011: Apoio à criação de redes cooperativas de pesquisa e desenvolvimento em Nanotoxicologia e Nanoinstrumentação", en www.cnpq.br/resultados/2011/017.htm, consultada el 15 de marzo de 2012.
- 2001 "Reunião de Trabalho, Tendências em Nanociências e Nanotecnologias", en http://memoria.cnpq.br/noticias/noticia05_040401.htm, consultada el 16 de marzo de 2012.

Comicyt (COMISIÓN INTERAMERICANA DE CIENCIA
Y TECNOLOGÍA-OEA)

- 2004 *Report of the Workshop: Scientific and Technological Development in the Americas*, Quito, Ecuador, del 10 al 12 de diciembre de 2003, en www.science.oas.org/Comicyt/prepa.htm, consultada el 15 de marzo de 2012.

CORDIS (COMMUNITY RESEARCH AND DEVELOPMENT
INFORMATION CENTER)

- s/f “Nanotechnology”, en http://cordis.europa.eu/nanotechnology/src/pe_reports_studies.htm, consultada el 17 de marzo de 2012.

CYTED (PROGRAMA IBEROAMERICANO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
PARA EL DESARROLLO)

- 2003 Subprograma IX. Microelectrónica, *Memoria 2001-2002*, CYTED, en <http://biblioteca.ciens.ucv.ve/cyted/09%20Subprograma%20IX.pdf>, consultada el 16 de marzo de 2012.
- s/f *Fundamentos y objetivos de CYTED*, en www.cytcd.org/cyted_informacion/es/objetivos.php, consultada el 16 de marzo de 2012.

DRILHON, GABRIEL

- 1991 “Choosing Priorities in Science and Technology. (Problems in Allocating Funds for Research and Development Projects)”, *OCDE Observer*, núm. 179, junio-julio, p. 4.

ETC GROUP

- 2005 *Report Prepared for the South Centre: The Potential Impacts of Nano-Scale Technologies on Commodity Markets. The Implications for Commodity Dependent Developing Countries*, en www.etcgroup.org/en/node/45, consultada el 15 de marzo de 2012.
- 2003 *The Big Down: Atomtech-Technologies Converging at the Nano-scale*, en www.etcgroup.org/article.asp?newsid=375, consultada el 27 de julio de 2006.

- 2002 “ETC Group Offers Five Seminars at the Johannesburg Summit”, *ETC Group Publications and News*, en www.etcgroup.org/en/materials/publications.html?pub_id=188, consultada el 5 de diciembre de 2005.
- ETUC (EUROPEAN TRADE UNION CONFEDERATION)
- 2008 “ETUC Resolution on Nanotechnology and Nanomaterials”, en www.etuc.org/IMG/pdf_ETUC_resolution_on_nano_-_EN_-_25_Junio_08.pdf, consultada el 26 de junio de 2008.
- FINEP (FINANCIADORA DE ESTUDOS E PROJETOS)
- s/f *O que sao os fundos de CYT*, en www.finep.gov.br/fundos_setoriais/fundos_setoriais_ini.asp, consultada el 20 de marzo de 2012.
- FOLADORI, GUILLERMO y NOELA INVERNIZZI
- 2008 “The Workers Push to Democratize Nanotechnology”, en Erik Fisher, Celia Selin y James Wetmor (editores), *The Yearbook of Nanotechnology in Society*, Springer, Inglaterra.
- FOLADORI, GUILLERMO, SANTIAGO FIGUEROA, ÉDGAR ZÁYAGO y NOELA INVERNIZZI
- 2012 “Características distintivas del desarrollo de las nanotecnologías en América Latina”, *Sociologias*, vol. 14, núm. 30, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil.
- FOLADORI, GUILLERMO y VERÓNICA FUENTES
- 2008 “Nanotechnology in Chile. Towards a Knowledge Economy”, en G. Foladori y N. Invernizzi (editores), *Nanotechnologies in Latin America*, DietzBerlin, Berlín, pp. 68-83.
- FORO ECONÓMICO MUNDIAL
- 2010 *Global Risks 2010*, en www.weforum.org/en/initiatives/globalrisk/Reports/index.htm, consultada el 2 de mayo de 2010.

- GASSLER, HELMUT, WOLFGANG POLT, JULIA SCHINDLER,
MATTHIAS WEBER, SAMI MAHROUM, KLAUS KUBECZKO y MICHAEL KEENAN
2004 *Priorities in Science and Technology Policy. An International Comparison*, Joanneum Research Forschungsgesellschaft MBH, Institut für Technologie und Regionalpolitik, proyecto núm. RTW.2003.AF.014-01, Viena.
- HIRSCHFELD, DANIELA
2010 “Latinoamérica define hoja de ruta para innovación”, *SciDevNET*, 13 de diciembre, en www.scidev.net/en/science-and-innovation-policy/latin-america-sets-a-roadmap-for-innovation-.html, consultada el 16 de marzo de 2012.
- ICM (INICIATIVAS CIENTÍFICAS DEL MILENIO)
s/f *Iniciativa Científica Milenio. Memoria bianual 1999-2000*, Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica, Santiago de Chile, en www.mideplan.cl/milenio/?q=node/34, consultada el 23 de mayo de 2007.
- ICON (INTERNATIONAL COUNCIL ON NANOTECHNOLOGY)
s/f Nano-EHS Database Analysis Tool, en <http://icon.rice.edu/report.cfm>, consultada el 19 de marzo de 2012.
- INVERNIZZI, NOELA, CLECI KÓRBES y MARCOS PAULO FUCK
2012 “La política de ciencia y tecnología en México y la incorporación de las nanotecnologías”, en G. Foladori, E. Záyago, N. Invernizzi, *Perspectivas sobre el desarrollo de las nanotecnologías en América Latina*, Miguel Ángel Porrúa-Universidad Autónoma de Zacatecas, México D. F.
- INVERNIZZI, NOELA y GUILLERMO FOLADORI
2011 “Nanotechnology Implications for Labor”, *Nanotechnology Law & Business Journal*, vol. 7, núm. 1, pp. 68-78

IUF (INTERNATIONAL UNION OF FOOD, AGRICULTURAL, HOTEL, RESTAURANT, CATERING, TOBACCO AND ALLIED WORKERS' ASSOCIATIONS)

s/f “IUF Resolution on Nanotechnologies”, www.iufdocuments.org/rc2007/en/RC03%20Draft%20resolutions.pdf, consultada el 10 de marzo de 2012.

JUMA, CALESTOUS y LEE YEE-CHEONG, coordinadores

2005 *Innovation: Applying Knowledge in Development*, Earthscan, Proyecto del Milenio, Londres, Sterling, Virginia, en www.unmillenniumproject.org/documents/Science-complete.pdf, consultada el 13 de septiembre de 2005.

KAY, LUCIANO y PHIL SHAPIRA

2009 “Developing Nanotechnology in Latin America”, *Journal of Nanoparticle Research*, vol. 11, núm. 2, pp. 259-278.

MACILWAIN, COLIN

1998 “World Bank Backs Third World Centers of Excellence Plan”, *Nature*, vol. 396, núm. 711, pp. 24-31.

MARTINS, PAULO ROBERTO (coordinador), A. PREMEBIDA, R. DOMINGUES DULLEY y RUY BRAGA

2007 *Revolucao invisible. Desenvolvimento recente da nanotecnologia no Brasil*, Xama, Sao Paulo.

MCT (MINISTÉRIO DA CIENCIA E TECNOLOGIA) y CNPQ

(CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO)

2006 *Relatório nanotecnologia, investimento, resultados e demandas*, Brasília, en www.mct.gov.br/upd_blob/8075.pdf, consultada el 15 de marzo de 2012.

MOTAVALLI, JIM

2010 “Wanted: Nano-Cops”, *The New Haven Independent*, 1º de junio de 2010, en www.newhavenindependent.org/index.php/archives/entry/wanted_nano-cops/id_26623, consultada el 15 de marzo de 2012.

MUNICH RE GROUP

2002 *Nanotechnology: What is in Store for Us?*, Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft AG, Munich.

NANOACTION

2007 “Principios para la supervisión de las nanotecnologías y nanomateriales”, en NanoAction, *A Project of the International Center for Technology Assessment*, 2007, en www.nanoaction.org/nanoaction/page.cfm?id=223, consultada el 17 de junio de 2011.

NANOCEO (NANOTECHNOLOGY CITIZEN ENGAGEMENT ORGANIZATION)

s/f *Nanotechnology Risk Resources*, en www.nanoceo.net/nanorisks, consultada el 19 de marzo de 2012.

NATIONAL SCIENCE AND TECHNOLOGY COUNCIL; COMMITTEE ON TECHNOLOGY; SUBCOMMITTEE ON NANOSCALE SCIENCE, ENGINEERING AND TECHNOLOGY

2000 *National Nanotechnology Initiative: The Initiative and its Implementation Plan*, Oficina de Políticas Públicas en Ciencia y Tecnología, Washington, D. C., en http://nano.gov/sites/default/files/pub_resource/nni_implementation_plan_2000.pdf, consultada el 17 de marzo de 2012.

OBERDÖRSTER, G., R. M. GELEIN, J. FERIN y B. WEISS

1995 “Association of Particulate Air Pollution and Acute Mortality: Involvement of Ultrafine Particles?”, *Inhalation Toxicology*, núm. 7, pp. 111-124.

OCDE (ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICO)

s/f “OCDE Database on Research into the Safety of Manufactured Nanomaterials”, en www.oecd.org/document/26/0,3746,en_2649_37015404_42464730_1_1_1_1,00.html, consultada el 19 de marzo de 2012.

2001 *STI REVIEW, Special Issue on New Science and Technology Indicators*, Science and Technology Institute, núm. 27.

- 1998 “Tecnología, productividad y creación de empleos: las mejores prácticas de política”, en www.oecd.org/dataoecd/39/28/2759012.pdf, consultada el 20 de marzo de 2011.
- 1996 *The Knowledge-Based Economy*, OCDE/GD, vol. 96, núm. 102, París.
- 1994 *Review of National Science and Technology Policy: Mexico, Examiners Report DSTI/STP (94) 11*, OCDE, París.
- OCDE / NNI (ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICO y U.S. NATIONAL NANOTECHNOLOGY INITIATIVE)
- 2012 *International Symposium on Assessing the Economic Impact of Nanotechnology*, 27-28 de marzo de 2012, Washington, en http://nano.gov/sites/default/files/agenda_-_economic_symposium.pdf, consultada el 15 de marzo de 2012.
- OEST (OFFICE OF EDUCATION, SCIENCE AND TECHNOLOGY), OEA
- 2004 *Science, Technology, Engineering and Innovation for Development: A Vision for the Americas in the Twenty First Century*, Departamento de Desarrollo Integral, Organización de Estados Americanos, Washington D. C., en www.oest.oas.org/engineering/ingles/documentos/ingles_web.pdf, consultada el 16 de marzo de 2012.
- OICTEI (OBSERVATORIO IBEROAMERICANO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN)
- 2008 *La nanotecnología en Iberoamérica. Situación actual y tendencias*, Observatorio Iberoamericano de Ciencia, Tecnología e Innovación del Centro de Altos Estudios Universitarios de la Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI), en www.oei.es/salactsi/nano.pdf, consultada el 15 de marzo de 2012.
- PALMBERG, CHRISTOPHER, HÉLÈNE DERNIS y CLAIRE MIGUET
- 2009 *Nanotechnology. An Overview Based on Indicators and Statistics*, documento de trabajo del Science and Technology Institute, 2009/7, 25 de junio de 2009, en www.oecd.org/dataoecd/59/9/43179651.pdf, consultada el 20 de marzo de 2012.

- PIERRI, NAÍNA y GUILLERMO FOLADORI, editores
 2005 *¿Sustentabilidad? Desacuerdos sobre el desarrollo sustentable*, Miguel Ángel Porrúa, México, D. F.
- ROBLES-BELMONT, EDUARDO
 2012 “Progresión de las nanociencias en México: una perspectiva a partir de redes”, en G. Foladori, E. Záyago y N. Invernizzi, *Perspectivas sobre el desarrollo de las nanotecnologías en América Latina*, Miguel Ángel Porrúa-Universidad Autónoma de Zacatecas, México, D. F.
- RS & RAE (ROYAL SOCIETY & THE ROYAL ACADEMY OF ENGINEERING)
 2004 *Nanoscience and Nanotechnologies: Opportunities and Uncertainties*, The Royal Society & The Royal Academy of Engineering, Londres, en www.royalsoc.ac.uk/policy y www.raeng.org.uk, consultadas el 20 de marzo de 2012.
- RUSHTON, MARK, EDGAR ZÁYAGO y GUILLERMO FOLADORI
 2009 “Center of Educational Excellence in Nanotechnology: The Proposed World Bank Scientific Millennium Initiatives and Nanotechnology in Latin America”, en A. Barrañón (organizador), *New Nanotechnology Developments*, Nova Publishers.
- SALVAREZZA, ROBERTO
 2011 “Situación de la difusión de la nanociencia y la nanotecnología en Argentina”, *Mundo Nano*, vol. 4, núm. 2, México, D. F., pp. 18-21.
- SARMA, SHILPANJALI DESHPANDE y SASWATA CHAUDHURY
 2009 “Socio-Economic Implications of Nanotechnology Applications”, *Nanotechnology Law & Business Journal*, vol. 6, núm. 2, pp. 278-310.
- SHANBHAG, A. S., J. J. JACOBS, J. BALCK,
 J. O. GALANTE y T. T. GLANT
 1994 “Macrophage/Particle Interactions: Effect of Size, Composition and Surface Area”, *Journal of Biomedical Materials Research*, vol. 28, núm. 1, pp. 81-90.

- TAKEUCHI, NOBORU y MIGUEL MORA RAMOS
2011 “Divulgación y formación en nanotecnología en México”, *Mundo Nano*, vol. 4, núm. 2, México, D. F., pp. 59-64.
- TAN, MEI-HENG, CHRIS COMMENS, LESLIE BURNETT y PETER SNITCH
1996 “A Pilot Study on the Percutaneous Absorption of Microfine Titanium Dioxide from Sunscreens”, *Australasian Journal of Dermatology*, núm. 37, pp. 185-187.
- TSUCHIYA, T., I. OGURI, N. YAMAKOSHI y N. MIYATA
1996 “Novel Harmful Effects of [60] Fullerene on Mouse Embryos in Vitro and in Vivo”, *FEBS Letters*, vol. 393, núm. 1, Federation of European Biochemical Societies, pp. 139-145.
- UITA (UNIÓN INTERNACIONAL DE TRABAJADORES DE LA ALIMENTACIÓN, LA AGRICULTURA Y AFINES)
2007 The IUF Resolution, en www.rel-uita.org/nanotecnologia/resolucion_uita_nano_eng.htm, 2012. También, www.iufdocuments.org/rc2007/en/RC03%20Draft%20resolutions.pdf, consultadas el 19 de marzo.
- VARIOS AUTORES
2002 “Programa Nacional de Nanociencia y Nanotecnología para Desarrollar Nuevas Bases Tecnológicas”, septiembre, en www.ipicyt.edu.mx/storage-sipicyt/difusion/Reunion2002Nanotecnologia.pdf, consultada el 15 de marzo de 2012.
- VELHO, LÉA
2011 “Conceitos de Ciência e a Política Científica, Tecnológica e de Inovação”, *Sociologias*, vol. 13, núm. 26, pp. 128-153.
- WEINBERG, J.
2008 *Una guía al SAICM para las ONG*, Red Internacional de Eliminación de Contaminantes Orgánicos Persistentes, Estado de México, en www.ipen.org/ipenweb/documents/book/saicm%20introduction%20spanish.pdf

ZÁYAGO, EDGAR y GUILLERMO FOLADORI

2012 “La política de ciencia y tecnología en México y la incorporación de las nanotecnologías”, en Guillermo Foladori, Edgar Záyago y Noela Invernizzi, *Perspectivas sobre el desarrollo de las nanotecnologías en América Latina*, Miguel Ángel Porrúa-Universidad Autónoma de Zacatecas, México, D. F.

ZUMELZU DELGADO, ERNESTO y ANTONIO ZÁRATE ALIAGA

2011 “La nanociencia y la nanotecnología, un desafío a potenciar en el crecimiento económico de Chile”, *Mundo Nano*, vol. 4, núm. 2, México, D. F., pp. 29-33.