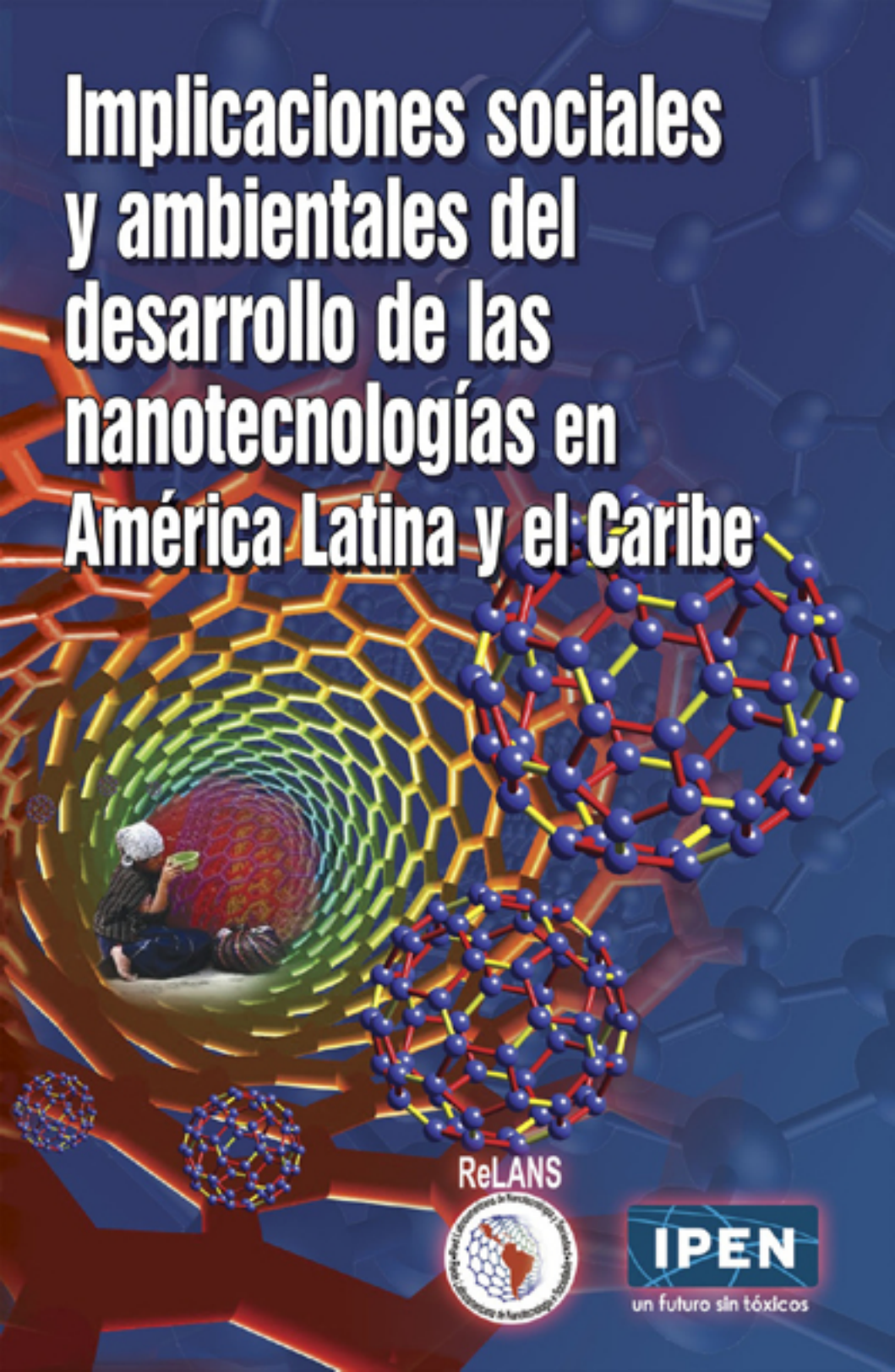
Implicaciones sociales y ambientales del desarrollo de las nanotecnologías en América Latina y el Caribe



ReLANS

IPEN

un futuro sin tóxicos

Implicaciones sociales y ambientales del desarrollo de las nanotecnologías en América Latina y el Caribe

Guillermo Foladori
Noela Invernizzi
(Con la colaboración de Fernando Bejarano)

ReLANS
Red Latinoamericana de Nanotecnología y Sociedad
Rede Latinoamericana de Nanotecnologia e Sociedade

www.estudiosdeldesarrollo.net/relans

IPEN
un futuro sin tóxicos

www.ipen.org

2012
Zacatecas, México / Curitiba, Brasil

Este folleto fue realizado por ReLANS con apoyo de la Red Internacional de Eliminación de Contaminantes Orgánicos Persistentes (IPEN) dentro del Proyecto Internacional de Implementación del SAICM .

ReLANS (Red Latinoamericana de Nanotecnología y Sociedad) es una red académica formada por investigadores de diversas disciplinas interesados en el desarrollo de las nanotecnologías en América Latina. La red es pionera en el análisis de las implicaciones de la nanotecnología en la fuerza de trabajo, un tema poco considerado en la discusión mundial a pesar de su relevancia. La página Web de ReLANS tiene una ventana especial donde se conecta con documentos y organizaciones sobre el tema. www.estudiosdeldesarrollo.net/relans.

IPEN (The International POPs Elimination Network) la Red Internacional de Eliminación de Contaminantes Orgánicos Persistentes es una red mundial de más de 700 organizaciones no gubernamentales, de interés público trabajando juntos por un futuro sin tóxicos. www.ipen.org

Foladori, G. & Invernizzi, N. (2011). Implicaciones sociales y ambientales del desarrollo de las nanotecnologías en América Latina y el Caribe. ReLANS. (Red Latinoamericana de Nanotecnología y Sociedad). Zacatecas, México y Curitiba, Brasil. IPEN.

Diseño: Leonel Reyes Rivera. Impreso en los talleres gráficos de Impresos Gama en Texcoco, Edo. de México. Febrero de 2012.

Contenido

Introducción 1

1. ¿Qué son las nanotecnologías? 3

2. El mercado de la nanotecnología 5

3. Las nanotecnologías en América Latina y el Caribe 7

4. Riesgos de las nanotecnologías para la salud y el medio ambiente 13

5. Exposición de trabajadores y consumidores a las nanopartículas manufacturadas 18

6. Implicaciones de las nanotecnologías para el empleo 21

7. EL SAICM y las recomendaciones de los países de América Latina y el Caribe 23

Bibliografía consultada 27

Introducción

América Latina y el Caribe investigan en nanotecnologías y comercializan productos con nanomateriales manufacturados. En nuestros países las nanotecnologías se han declarado sector estratégico en los programas de ciencia y tecnología y de desarrollo. Se han destinado fondos públicos para impulsarlas, y la mayoría de los países tienen centros y grupos de investigación en el tema. También existen cursos de postgrado en nanotecnologías. Productos con nanopartículas ya están en el mercado, producidos por empresas de los propios países o importados. Hay nanotecnología en alimentos, en cosméticos, en medicinas, en textiles, en productos de limpieza, en computadoras y celulares, en artículos deportivos, en productos de la industria de la construcción, entre otros.

Las nanotecnologías son publicitadas como una nueva revolución tecnológica, que ayudará a solucionar los más diversos problemas. Nuevas formas de combatir el cáncer, medios eficientes para potabilizar agua, sistemas de acumulación de energía más pequeños y de mayor duración, envases que conservan mejor los alimentos y otras muchas aplicaciones son las promesas de las nanotecnologías. Sin embargo, poco se dice sobre los riesgos e implicaciones sociales de las nanotecnologías, y la sociedad civil permanece desinformada. A pesar de que existe información científica sobre los potenciales riesgos a la salud y el medio ambiente de las nanopartículas manufacturadas, y reconociendo que aún hay mucha incertidumbre, son escasos los fondos públicos que se destinan para evaluar este aspecto tan importante. Lejos de una política de precaución frente a las nuevas tecnologías, los productos entran al mercado sin una reglamentación que garantice su seguridad; y la falta de etiquetado impide al consumidor decidir libremente.

Concientes de la falta de información, reglamentación y supervisión de las nanotecnologías, delegados gubernamentales, expertos y representantes de las organizaciones de la sociedad civil de América Latina y el Caribe han recomendado la necesidad de un marco regulatorio con un enfoque precautorio, entre otras propuestas, como lo expresaron en junio del 2011 en la consulta regional sobre la aplicación del llamado “Enfoque Estratégico para la gestión de los productos químicos a nivel internacional” mejor conocido por su siglas en inglés como el SAICM (Strategic Approach to International Chemicals Management).

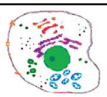
El SAICM es un convenio voluntario que los paises han acordado sea el marco de referencia mundial para discutir las medidas de cooperación y acciones específicas que puedan tomarse en relacion a la nanotecnología y los productos nanomanufacturados. En tal sentido se realizaron reuniones regionales y generales preparatorias que han elaborado recomendaciones y borradores de resolución que deberán ser aprobados por consenso durante la tercera Conferencia Internacional

sobre Gestión de Productos Químicos, que se realizará en septiembre del 2012 en Nairobi, Kenia, en la sede del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

En este contexto se elaboró este folleto de divugación que sistematiza las principales implicaciones sociales, ambientales y de salud del desarrollo de las nanotecnologías en América Latina y el Caribe para los trabajadores y consumidores, con el fin de potenciar su participación en la discusión pública sobre las acciones nacionales que deben asumir los gobiernos, la industria y la sociedad civil consistentes con una política y marco regulatorio internacional preventivo.

1. ¿Qué son las nanotecnologías?

La nanotecnología (o nanotecnologías) es la manipulación de la materia a escala atómica y molecular. Significa combinar artificialmente átomos y moléculas para crear partículas y estructuras que manifiesten funciones nuevas, diferentes a las de la materia en tamaño mayor. Por convención se dice que la nanotecnología trabaja los materiales que tienen al menos una dimensión de hasta 100 nanómetros, aunque las funciones nuevas se manifiestan muchas veces en tamaños de 300 y más nanómetros. ¿Qué es un nanómetro? Es una unidad de medida. Es la millonésima parte de un milímetro. La última línea del diseño que sigue ilustra el nivel en el cual trabaja la nanotecnología.

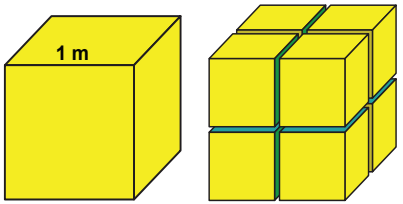
1 metro (m) El mundo macro		1 persona = 1.70 metros
1 milímetro (mm) (1000 milímetros=1 metro) El mundo chiquito		1 hormiga = 5 milímetros
1 micrómetro (µm) (1000 micrómetros=1 milímetro) El mundo de las células		1 célula = 20 micrómetros
1 nanómetro (nn) (1000 nanómetros = 1 micrómetro) El mundo de la nanotecnología		Un virus = 60 nanómetros

Trabajar la materia a una escala tan pequeña representa una revolución tecnológica, porque en dicha escala los materiales manifiestan propiedades físico-químicas y biológicas (incluyendo toxicológicas) diferentes a las que se muestran en escala mayor. Es como descubrir un mundo de materiales nuevo. Este cambio en el comportamiento de los materiales se debe a dos efectos.

Uno, llamado *efecto cuántico*, hace que los materiales en tamaño nano tengan propiedades ópticas, eléctricas, térmicas, mecánicas (resistencia/flexibilidad) y magnéticas diferentes. Los metales, por ejemplo, resultan más duros y resistentes en tamaño nano. El carbono en forma de grafito (como en el lápiz) es blando, pero cuando se procesa en nanoescala y se crean nanotubos de carbono su dureza llega a ser hasta 100 veces mayor que el acero. Las propiedades ópticas de los materiales cambian, adquiriendo otro color y reflejando de diferente forma la luz.

Dos, el *efecto superficie*. Cuanto menor el tamaño, mayor es la superficie externa y, por tanto, mayor la reactividad con los átomos de los materiales

vecinos. En la figura, la superficie del primer cubo es de 6m^2, mientras que la de los ocho cubitos es de 12m^2 para la misma masa. Los átomos que están en la superficie externa interactúan más fácilmente con los átomos de otros materiales vecinos. Así, el oro, que no es reactivo, cuando se manipula en pocos nanómetros se vuelve reactivo y puede utilizarse como base para elaborar sensores.



Estos efectos dan a los nanomateriales nuevas propiedades, que, por su vez, desarrollan efectos toxicológicos nuevos. La mayor reactividad y cambio en las propiedades químicas y físicas, la mayor movilidad y capacidad de absorción, la tendencia al aglutinamiento, etc., son efectos que obligan a nuevos desarrollos científicos y tecnológicos para conocer los impactos toxicológicos de las nanopartículas manufacturadas.

La naturaleza siempre ha producido nanopartículas. Están en las emisiones volcánicas, en el aire en las nubes, en el humo, etc. También el ser humano ha producido nanopartículas indirectamente, como las que surgen de la emisión de los motores de combustión; y ha producido nanopartículas de manera práctica desde hace muchos siglos, como ha sido el caso de la combinación de vidrio con polvo o diluciones de metales para hacer los vitrales, tan usados en la Edad Media, o el colorante de los mayas conocido como “azul maya”. Pero, si siempre han existido las nanopartículas y la propia naturaleza produce, ¿cúal es entonces la novedad?

Copa Lycurgus. S. IV D.C. British Museum. Vidrio con nanopartículas de oro y plata. Cuando refleja luz adquiere color verde y cuando transmite luz adquire color rojo.

La novedad contemporánea es que existen instrumentos, técnicas y el conocimiento científico para manipular con gran exactitud y producir nanopartículas, nanoestructuras y productos derivados en cantidad industrial.

En muchos casos la nanotecnología se inspira en la propia naturaleza para copiar funciones. Así, por ejemplo, la hoja del loto tiene una superficie de nanopartículas hidrofóbica; que puede ser inspiración para hacer delgadas películas que repelan el agua. Y, las patas de la lagartija tienen nano-pelos tan pequeños que facilitan que las fuerzas de atracción entre las moléculas las peguen a superficies verticales o aún desafíen la gravedad.

Hoja de Loto (hidrofóbica)

2. El mercado de los productos de la nanotecnología

Existen muchos productos en el mercado que son resultado de la nanotecnología. Hay alimentos, cosméticos, electrodomésticos, computadores y celulares, medicinas, textiles, cerámicas, materiales de la industria de la construcción, artículos deportivos, armas, entre otros.

> En el apéndice del libro *Out of the Laboratory and into the Food Chain: Nanotechnology in Food and Agriculture,* Miller & Senjen se presentan 106 alimentos, suplementos nuticionales, materiales que entran en contacto con alimentos y agroquímicos que contienen nanomateriales y ya están en el mercado.
> Ver http://www.foeeurope.org/activities/nanotechnology/Documents/Nano_food_report.pdf

En la alimentación, la nanotecnología se aplica en los productos, en los envases, en suplementos alimenticios y en la producción agrícola. Hay más de 200 compañías que investigan y/o producen en la rama. Se utiliza la nanotecnología en el propio producto, para, por ejemplo, homogeneizar la textura y enfatizar el sabor en cremas y helados, o para reducir el contenido graso, como lo investigan Kraft, Unilever, Nestlé, o Blue Pacific Flavors. O, también, para agregarle al producto suplementos alimenticios nanoencapsulados, como Omega3, fortificantes o adelgazantes. También se investiga en alimentos que llevan incorporados cosméticos, como lo hace L´Óreal en asociación con Nestlé, o BASF. Se utiliza la nanotecnología en los envases, para hacer más durable el producto en los anaqueles de los supermercados, como la cerveza en botella de nano-cerámica de la Miller Brewing; o para que la materia prima no se deteriore, como experimenta McDonalds o Mr.Kipling. Las grandes corporaciones químicas de semillas, como Syngenta, Monsanto, Bayer y Dow Chemicals investigan y producen agrotóxicos y semillas nanoencapsuladas.

La rama de cosméticos es donde hay más productos de la nanotecnología en el mercado. La gran mayoría de las corporaciones transnacionales tienen cremas antiarrugas, filtros solares y shampoos, como Chanel, Clinique, L´Oreal, Revlon, Johnson & Johnson, Proctor & Gamble, o Lancome. Aplicada a los filtros solares, la nanoescala hace a la crema transparente, evitando el tradicional color blanco. También se usa la nanotecnología para difundir la luz y ocultar arrugas, y muchas otras funciones. Hay cepillos de diente y pasta dentífrica con nanopartículas de plata como bactericida. La Unión Europea está

legislando sobre el uso de nanotecnología en cosméticos, dada la gran cantidad de evidencias de los efectos perjudiciales sobre la salud.

Varios electrodomésticos incluyen nanopartículas de plata como bactericida, como en el caso de aires acondicionados, refrigeradores, lavarropas y lavavajillas de Samsung o LG. Filmes de nanotecnología son usados para cubrir pisos, o nanopartículas son incorporadas a pinturas y también en aerosoles para aplicar en muebles y pisos. Vidrios son procesados con nanotecnología para evitar que se adhiera polvo y suciedad y para facilitar el escurrimiento del agua. En textiles, la aplicación de técnicas nanotecnológicas evita que la ropa se manche y se arrugue. En algunos casos incorporan nanopartículas de plata con efecto bactericida en uniformes médicos o en vestimenta especial para enfermos, pero también en sábanas, toallas y medias. Medicinas procesadas con nanotecnología prometen ser más eficientes y tener menos efectos colaterales. La nanotecnología está presente en artículos deportivos, en raquetas de tenis, palos de golf, zapatos deportivos, ropa climatizada, etc. Las principales marcas de computadores, celulares, y juegos electrónicos almacenan su información en baterías de litio con ánodos recubiertos con nanotecnología, y utilizan nano dispositivos electromecánicos. Automóviles de lujo ya llevan incorporadas más de 30 partes que contienen nanodispositivos o combinan nanopartículas.

La industria de armamento es una de las que más se ha beneficiado y más impulsa las nanotecnologías. De misiles de precisión a super-explosivos, y de sensores a chalecos antibala, el interés militar está ligado al avance de las nanotecnologías.

Prácticamente todas las ramas de la industria tienen productos de nanotecnología en el mercado. De acuerdo al último recuento del Woodrow Wilson International Center for Scholars, realizado en marzo de 2011, había en el mercado 1 317 productos de la nanotecnología.

David Haw xhuist, PEN

La mayoría de los productos en el mercado con nanotecnología son suntuarios.

3. Las nanotecnologías en América Latina y el Caribe

Las investigaciones en nanotecnología comenzaron, a nivel mundial, en los años ochenta y noventa, aunque en aquel entonces no se utilizaba el término nanotecnología sino partículas ultrafinas. Hoy en día Estados Unidos, Alemania, Japón, Reino Unido, y China van a la vanguardia de la investigación y producción, pero todos los países desarrollados y una buena cantidad de países en vías de desarrollo también investigan y comienzan a producir con nanotecnología.

Cuando los Estados Unidos lanzan su Iniciativa Nacional de Nanotecnología, en el año 2000, incentivan el desarrollo de estas ciencias y tecnologías asociadas en el resto del mundo. Instituciones internacionales como el Banco Mundial, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico o la Organización de Estados Americanos ejercieron su influencia para el desarrollo de la nanotecnología en América Latina. Este impulso no sólo se dio en los mayores países como Brasil, Argentina y México, sino también en países pequeños como Uruguay, República Dominicana, Costa Rica o Cuba, y en países de mediano tamaño como Perú, Colombia, Venezuela o Chile.

Existen varios convenios bilaterales y multilaterales entre países de la región que facilitan la difusión del conocimiento y la transferencia de tecnología. El primero fue el Centro Brasileño-Argentino de Nanotecnología, creado en 2005. Varios otros fueron creados posteriormente, como el Centro Virtual Brasil-México de Nanotecnología, las escuelas Chile-Brasil de Nanotecnología, o el Centro Virtual México-Argentina de Nanotecnología.

Brasil tiene el único laboratorio de luz sincrotón de América Latina; localizado en Campinas, Sao Paulo, en funcionamiento desde 1997. La luz sincrotón, producida por la conversión en luz de partículas artificialmente aceleradas, permite explorar la estructura de la materia. El Ministerio de Ciencia y Tecnología (MCT) y sus agencias comenzaron a estimular el desarrollo de la nanotecnología a fines del año 2000. La primera acción fue el financiamiento de cuatro redes cooperativas de investigación. En 2004, un programa para el desarrollo de la nanotecnología fue incorporado al *Plan Plurianual 2004-2007 de Ciencia y Tecnología*, el cual fue ampliado un año más tarde con el lanzamiento del *Programa Nacional de Nanotecnologia*. Éste financió actividades de investigación y desarrollo, con particular atención a las asociaciones entre universidad y empresa, la construcción y renovación de laboratorios, proyectos de incubadoras de empresas de nanotecnología y la calificación de recursos humanos. Diez nuevas redes cooperativas fueron financiadas entre 2005 y 2009, y otras 17 lanzadas en 2010. Actualmente hay cerca de 50 universidades y centros de investigación con más de 1 200 investigadores y 2 000 estudiantes universitarios trabajando en las diversas áreas de nanotecnología en Brasil. De los 120 Institutos Nacionales de Ciencia y Tecnología creados por el MCT a fines del 2008, al menos 21 mantienen investigaciones en nanotecnología. El país cuenta con unas 150 empresas que desarrollan o aplican nanotecnología a productos finales.

Laboratorio Nacional de Luz Sincroton. Sao Paulo, Brasil

En Argentina, la Secretaría de Ciencia y Tecnología consideró, en 2003, a las nanotecnologías como un área prioritaria para financiamiento de investigación. En

2005 fue creada la Fundación Argentina de Nanotecnología, con un presupuesto de 10 millones de dólares para los siguientes 5 años. Fueron creadas 4 redes de investigación según grandes temas de nanotecnología. Cerca de 200 investigadores trabajan en nanotecnología en Argentina. En 2010 una nueva línea de financiamiento a través de los Fondos Sectoriales fue abierta para financiar la nanotecnología, aunque con el requisito de que los proyectos incluyesen participación empresarial.

En México el *Programa Especial de Ciencia y Tecnología 2001-2006*, que es parte del *Plan Nacional de Desarrollo,* mencionó, por primera vez en documentos oficiales a las nanotecnologías como un área estratégica dentro de los materiales avanzados. En 2009 creó la Red de Nanociencias y Nanotecnologías. Más de 50 universidades y centros de investigación y posiblemente cerca de 500 investigadores trabajan en la temática. A partir del 2002 la mayoría de los fondos de investigación pasaron a exigir la participación del sector empresarial; y la reforma de la *Ley de Ciencia y Tecnología* en 2009 promovió que los centros públicos de investigación crearan empresas privadas como subproducto (spin-offs), y también permitió que los investigadores, aún aquellos de los centros públicos, se quedaran con hasta el 70% de las eventuales regalías por inventos que realicen, incentivando a que los investigadores se conviertan en empresarios.

Centro de Nanociencias y Micro y Nanotecnologías. Instituto Politécnico Nacional, Qro. Méx.

Colombia colocó a las nanotecnologías dentro de las ocho áreas estratégicas en Ciencia y Tecnología; y en 2005 se estableció el Consejo Nacional de Nanociencia y Nanotecnología, asignado a la sección colombiana del Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (IEEE). El país tiene 19 grupos de investigación en diez universidades y una red de desarrollo de investigación en Nanotecnociencia.

Chile tiene varios grupos de investigación en sus principales universidades. El Ministerio de Educación, a través de la agencia de ciencia y tecnología CONICYT y el Ministerio de Economía han financiado la investigación en nanotecnología en al menos cuatro centros.

En Venezuela, el *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2005-2030* resaltó la importancia de desarrollar tecnologías de vanguardia, incluyendo las nanotecnologías. En 2010 se creó la Red Venezolana de Nanotecnología, la cual aglutinó investigadores de las principales universidades y centros de

investigación, así como representantes del sector productivo y de agencias gubernamentales.

En Perú, el *Plan Estratégico Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación para la Competitividad y el Desarrollo Humano* colocó a las nanotecnologías como un área estratégica para el desarrollo del país; y más de cuatro universidades tienen grupos de investigación en el tema.

Las actividades de nanotecnología también se han hecho presentes en los pequeños países de la región. En Uruguay las nanotecnologías fueron incluidas como un área transversal prioritaria en el *Plan Estratégico Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación* en 2010. En la República Dominicana, el *Plan Estratégico de Ciencia Tecnología e Innovación 2008-2018* incluyó a las nanotecnologías como área prioritaria dentro de las ciencias físicas. Costa Rica tiene un laboratorio de nanotecnología (Lanotec) desde 2004. En Cuba, el Centro de Estudios Avanzados dedicado a las nanotecnologías y las tecnologías convergentes fue lanzado en 2010. Las áreas de mayor desarrollo en Cuba están ligadas a los materiales y las aplicaciones médicas y biotecnológica. También hay investigaciones en Guatemala, El Salvador y Ecuador. En su conjunto, la región va incorporándose, poco a poco, a este conocimiento de vanguardia. El cuadro que sigue muestra el año en que las nanotecnologías pasan a ser consideradas como un sector estratégico en los planes de Ciencia y Tecnología de diferentes países.

Inicios de promoción oficial a la nanotecnología en paises seleccionados de América Latina y el Caribe

Año	Pais	Institución promotora
2000	Brasil	Ministerio de Ciencias y Tecnología
2001	México	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
2003	Argentina	Secretaria de Ciencia y Tecnología
2004	Colombia	Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación
2005	Costa Rica	Consejo Nacional para Investigaciones Cientificas y Tecnológicas
2005	Guatemala	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
2005	Venezuela	Ministerio de Ciencia y Tecnología
2006	El Salvador	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
2006	Perú	Consejo Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación Tecnológica
2008	Rep. Dominicana	Secretaria de Estado de Educación Superior, Ciencia y Tecnología
2009	Uruguay	Gabinete Ministerial de la Innovación
2010	Panamá	Secretaria Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación

Fuente: ReLANS Enero 2012.

Evaluar la existencia de artículos con nanotecnología en el mercado de América Latina y el Caribe no es sencillo. Pero en Brasil investigaciones reportan más de 150 empresas que investigan y/o producen con nanotecnología. En México la lista sobrepasa las 90; y en Argentina se habla de al menos 24. Además están los productos de la nanotecnología que libremente entran a los países por el comercio exterior. Dado que a nivel mundial no hay reglamentación, ni obligatoriedad para etiquetar, ni clasificación especial de las materias primas de la nanotecnología en el comercio internacional, no hay forma de conocer lo que ya está en el mercado.

A pesar de las grandes diferencias en el desarrollo de la investigación y también en la producción de mercancías con nanotecnología a lo largo de América Latina y el Caribe, tres cuestiones deben ser discutidas, ya que son problemas que se presentan en casi todos los países: ¿para quién se investiga y produce?; ¿por qué no se califica a la fuerza de trabajo obrera?; y, ¿por qué no hay transparencia en la información?.

Las políticas de ciencia y tecnología de la mayoría de los países de América Latina son explícitas en afirmar que las nanotecnologías tienen la función prioritaria de promover la competitividad internacional. La búsqueda de nichos de mercado y la orientación hacia el mercado mundial son objetivos claros y explícitos en la política pública de nuestros países. Existen, por cierto, grupos de investigación que trabajan sobre temas de impacto directo en la sociedad y el medio ambiente. Hay grupos de investigación de nanotecnología en salud, en remediación ambiental, en alternativas de agua potable y de energías alternativas. Pero el hecho de que la orientación de la política sea hacia la competitividad, sumado a la fuerte presión para que las investigaciones públicas se realicen con participación de empresas privadas levanta la duda de si el potencial impacto no terminará reduciéndose a un aumento de las ganancias de las empresas involucradas. Además, la única forma de que una política de ciencia y tecnología responda a los intereses más directos de la sociedad es si hay participación de sindicatos, grupos de consumidores, organizaciones ambientalistas y otras organizaciones sociales en las decisiones, algo que está ausente en nuestros países.

La segunda cuestión preocupante es que no existen programas de calificación de la fuerza de trabajo en los diferentes niveles educativos. La orientación de la política de nanotecnología está bañada por la idea de centros de excelencia. Se supone que de allí gotearán las ventajas de la innovación. Pero ningún país se desarrolla sin apostar a todos los niveles educativos, y sin calificar permanentemente a la fuerza de trabajo. Existe una fuerte contradicción entre los procesos de privatización y deterioro de la educación primaria, secundaria y universitaria con la idea de desarrollar centros de excelencia. En Estados Unidos, Japón y la Unión Europea se plantea la necesidad de educación en nanotecnología

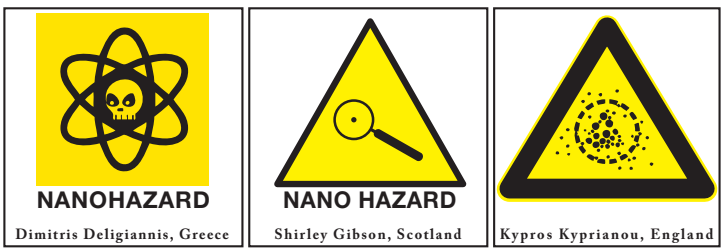
en la enseñanza primaria y secundaria. Nada parecido hay en América Latina y el Caribe; de manera que la nanotecnología que salga de los centros de excelencia sólo podrá orientarse al mercado exterior y la competitividad, perdiendo de vista el papel que estas tecnologías pueden tener para aliviar problemas básicos de la población.

La tercera cuestión es la confianza del consumidor. Para que nuevos productos entren exitosamente al mercado es necesario que el consumidor conozca de qué se trata y sus ventajas; y, también, conozca los riesgos. En América Latina existen muy contadas investigaciones sobre los potenciales riesgos a la salud y el medio ambiente de las nanotecnologías. Y el financiamiento para estos problemas es insignificante o inexistente. Sin embargo, hay cientos de libros y artículos científicos, así como bases de datos a nivel mundial que hablan de los riesgos de estas nuevas tecnologías. La política ha sido, hasta el presente, ocultar este tipo de información con el propósito de no asustar a los negocios. Pero ocultando no se acaba con el problema, y menos se logra el apoyo del consumidor. Es necesaria una política transparente. Es necesario financiar investigaciones independientes sobre riesgos (¡no con la participación de la empresa privada en estos temas!). La empresa privada y algunos gobiernos han salido al paso emitiendo Códigos Voluntarios de Conducta, para ganar la confianza del consumidor. Pero el público debe consumir basado en certezas y reglamentaciones oficiales, y no en declaraciones de principios de quienes producen los productos de las nanotecnologías. Son necesarias más políticas de difusión y participación pública, en especial al interior de los grupos organizados como sindicatos y organizaciones no gubernamentales.

En resumen, las políticas de nanotecnología no han contemplado ni la participación de organizaciones sociales y sindicatos en la elaboración de políticas y de prioridades nacionales, ni la necesidad de integrar la calificación de la fuerza de trabajo como un aspecto del cambio tecnológico. Esto deja de lado como fuerza de apoyo activo a la clase obrera. Tampoco se ha dado importancia a los potenciales riesgos a la salud y el medio ambiente de las nanotecnologías, lo cual deja por fuera a los trabajadores y consumidores como sector fundamental del desarrollo. Tímidamente algunos países de la región comienzan a considerar estos aspectos, pero como resultado del movimiento internacional y a cuentagotas.

4. Riesgos de las nanotecnologías para la salud y el medio ambiente

Toda nueva tecnología supone riesgos. Las nanotecnologías no son excepción. El tamaño de las nanopartículas despierta sospechas de sus posibles riesgos a la salud humana; ya que partículas de tamaño semejante, que son subproducto de procesos productivos como el humo de la combustión de los motores o el asbesto pueden provocar cáncer. Cuando, hace ya diez años las organizaciones no gubernamentales y otros sectores sociales preguntaban a políticos y científicos sobre los riesgos de las nanotecnologías, la respuesta era que no se sabía, que era muy pronto para evaluar los riesgos, que riesgos no había. Así fue durante la primera década de este siglo XXI. A pesar que declaraban no saber de riesgos, no por ello limitaron la introducción en el mercado de productos de la nanotecnología; por el contrario, todas las políticas se orientaban a acelerar la penetración en el mercado, contra el planteamiento precautorio que enarbolaban muchas organizaciones sociales.



Ganadores del concurso del simbolo para Nano-riesgo, llamado por el Grupo ETC durante el Foro Social Mundial en Nairobi, Kenya, 2007.

A más de diez años de la Iniciativa Nacional de Nanotecnología de los Estados Unidos, y de otras iniciativas en muchos otros países del mundo desarrollado, ya no se puede decir que no se conocen los riesgos, o que es muy pronto para evaluar, o que no hay riesgos. Existen varios bancos de datos que clasifican artículos científicos sobre los riesgos a la salud, y también al medio ambiente, de nanopartículas comúnmente utilizadas en los procesos nanotecnológicos. Es claro que la mayoría de estas investigaciones no fueron realizadas en seres humanos, sino *in vitro* y en otros seres vivos. Pero sus resultados son indicativos de que el principio de precaución debiera imponerse en la reglamentación. El principio de precaución dice: “Cuando alguna actividad amenaza a la salud humana o al

ambiente, deben de tomarse medidas de precaución, inclusive cuando la relación causa-efecto no esté totalmente establecida de manera científica" Este principio es lo opuesto a lo que sucede hoy en día. Lo que está sucediendo es que los productos van al mercado, y, si luego se comprueban riesgos, entonces tal vez se retiren. El principio de precaución exige que primero se hagan estudios científicos, ya que existen indicadores suficientes para suponer que varios productos de la nanotecnología implican riesgos a la salud y el medio ambiente. El principio de precaución implica grandes costos. ¿Pero, no es más caro acaso repetir la experiencia de los asbestos (amianto), presentes en el mercado durante más de cien años, a pesar que desde mediados de los años treinta del siglo XX se sabía que provocaban cáncer? En América Latina y el Caribe sólo media docena de países han prohibido el asbesto. Según la Organización Mundial de la Salud cerca de 90 000 trabajadores mueren anualmente de cáncer por exposición al asbesto. Pero también los consumidores pasivos, por ejemplo los habitantes de casas con techos de asbesto contraen cáncer. Los nanotubos de carbono se asemejan a las partículas del asbesto y se comportan de forma muy similar en los pulmones. Son varias las investigaciones sobre el riesgo de los nanotubos de carbono, uno de los productos más utilizados y versátiles de la nanotecnología. Otro rasgo preocupante de la situación de las nanotecnologías es el reconocimiento, por parte de los expertos, de no saber si las medidas de seguridad que actualmente se aplican a la producción de sustancias químicas son válidas para los nanomateriales.

El International Council on Nanotechnology, 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 este banco de datos registró un aumento sostenido de los artículos publicados en revistas científicas dedicados a analizar los potenciales riesgos de los nanomateriales a la salud humana y/o al medio ambiente. En 2010 los artículos científicos publicados llegaron a 563.[1] Por su parte, 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. Entre el año 2000 y finales de 2010 ha acumulado 176 artículos sobre riesgos de los nanotubos de carbono, 190 sobre riesgos de la nanoplata y 70 sobre riesgos del dióxido de titanio nanomanufacturado, entre otros materiales clasificados.[2] La acumulación de información científica ya no permite ignorar la duda razonable de que varias nanopartículas sean tóxicas para la salud humana y el medio ambiente.

[1] 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 Worker or Consumers or General Population or Ecosystem or Other/Unspecified] + Peer Reviewed Journal Article + Engineered

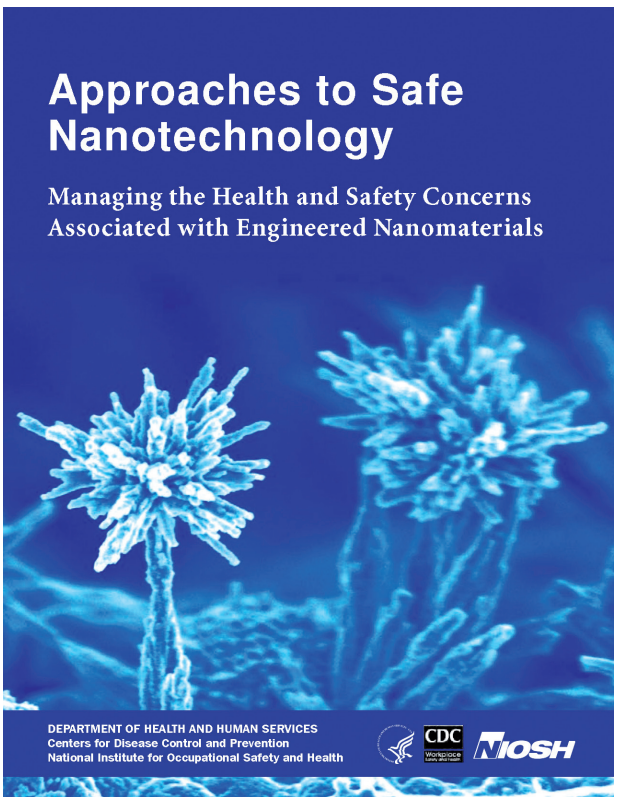
[2] Base de datos de NanoCeo (Nanotechnology Citizen Engagement Organization – www.nanoceo.net/nanorisks).

El panorama resulta ser muy complicado. Hay nanopartículas de muy diferentes materiales, combinadas de distintas formas y que exponen a los seres vivos de variadas maneras.

En los medios de comunicación la información sobre las nanotecnologías es básicamente halagüeña. Se habla de la posibilidad de utilizar nanotubos de carbono o buckyballs de carbono para fijarlos a las células cancerígenas y matarlas una a una y sin efectos colaterales, con lo cual el cáncer se convertiría en una enfermedad plenamente tratable. Pero Polland y colaboradores, en 2008, descubrieron que los nanotubos de carbono son reconocidos en la cavidad abdominal de los ratones como si fueses fibras de asbesto, produciendo cáncer. También Takagi y colaboradores (2008) muestran que los nanotubos de carbono producen mesotelioma en ratones. Inclusive los nanotubos de carbono de una pared, que son mucho más perfectos, homogéneos y puros que los de múltiples paredes, han demostrado su toxicidad, y Chou y colaboradores han señalado que producen granulomas en los pulmones de los ratones investigados. Inclusive protozoarios que ingieren nanotubos de carbono se ven limitados en su movilidad, se mueren o apelotonan, como han escrito Ghafari y colaboradores en 2008. En 2009, Nygaard y colaboradores han publicado un artículo donde muestran que a medida que disminuye el tamaño de los nanotubos de carbono, de nanopartículas de carbón negro y otros materiales, aumentan las respuestas alérgicas.

A estas críticas los científicos responden que los nanotubos van incorporados a una matriz, van amarrados, y no sueltos como los tratan los estudios de toxicología, y ese amarre hace que la posibilidad de que sean inhalados, por ejemplo, se reduzca radicalmente. Aunque esto es cierto, el hecho es que los nanotubos son utilizados en muchas industrias. Baterías de celulares pueden contener nanotubos de carbono al igual que algunos textiles deportivos. Y, en estos casos, nunca se sabe dónde termina el ciclo de vida de los productos, y qué sucede una vez que se convierten en desperdicio. La quema de basurales con textiles, baterías, u otros productos que contengan nanotubos de carbono podrían separarlos de su matriz –los nanotubos no se desintegran por debajo de los 850 grados– y, entonces, ser inhalados o introducirse en la cadena trófica. Pero también pueden desprenderse de los textiles cuando las prendas de vestir que los soportan se usan, y esto puede implicar el contacto directo con la piel y la penetración. Estas posibilidades fueron analizadas por Köhler y colaboradores en 2008. Por su parte, Roberts y colegas, en 2007, han señalado que los nanotubos de carbono que se envuelven en lípidos son digeridos por las pulgas de agua y su tracto digestivo se ve bloqueado y mueren. Y Leroueil y colaboradores, en 2008, muestran que varias nanopartículas orgánicas e inorgánicas producen desequilibrios. El dióxido de titanio, uno de los caballitos de batalla, junto con el óxido de zinc, de la industria cosmética, ha resultado dañar las agallas y hacer perder el sentido a los peces,

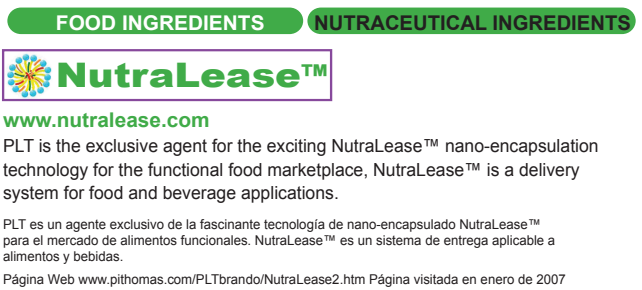
según investigaciones reportadas por Federici y colaboradores en 2007. Y, también, Takeda y colaboradores han mostrado, en 2009, que el dióxido de titanio produce daños intergeneracionales: las nanopartículas que recibe la rata madre atraviesan libremente la barrera madre-feto, ingresa a los embriones y produce en los embriones machos una reducción en la producción de esperma. Y, en esta cuestión de afecciones al material genético, también Yang y colaboradores, en 2009, escribían que nanopartículas de plata pueden interactuar con el material genético modificándolo y afectando la replicabilidad del mismo. Por lo demás, Tinkle y colaboradores ya en 2003 habían escrito sobre la penetración directa en la piel de partículas de 1 000 nanómetros de zinc y dióxido de titanio, o sea tamaños mucho mayores a las nanopartículas que aparecen en los cosméticos hoy en día. También en 2009 Sharma y colaboradores reportaron que nanopartículas de óxido de zinc, ampliamente usadas como bloqueador solar en cosméticos, producen, en concentraciones aún menores que las que normalmente se utilizan en los cosméticos, daños en el ADN de las células humanas epidérmicas en que fueron probadas, y también producen stress oxidante que es responsable por la producción de radicales libres implicados en cáncer de piel. También sobre el



óxido de zinc, Deng y colaboradores afirman que nanopartículas de este metal han dañado y matado células tronco del cerebro de sus ratones de laboratorio. Es sabido, además, que las nanopartículas pueden atravesar células, viajar por el sistema sanguíneo y linfático, e inclusive ingresar al cerebro por los nervios olfativos, como lo demostró Oberdorster y colegas en 2005.

El problema de la toxicidad no se reduce a la salud humana, también afecta al medio ambiente, donde la acumulación de nanopartículas puede causar estragos en los ecosistemas y en las cadenas tróficas, lo cual obliga a un análisis del ciclo de vida de las nanopartículas.

Se argumenta que la toxicidad que se puede demostrar *in vitro* no ocurre una vez que las mismas nanopartículas están incorporadas a productos de consumo final. En este sentido es importante distinguir las nanopartículas que están disueltas en líquidos, las que están en sólidos y aquellas incorporadas a matrices. El Instituto Nacional para la Salud y Seguridad Ocupacional (NIOSH) de los Estados Unidos reconoce que los mayores riesgos de las nanopartículas están en polvos en estado sólido, dispersas o aglomeradas en los polvos, por ejemplo en cosméticos. En un segundo nivel de riesgo están las suspendidas en líquidos, como los nanotubos en agua. En un tercer nivel están las fijas en matrices, como los filmes delgados. Las que, por último, ofrecerían menor riesgo son las incorporadas en nanoestructuras, como aleaciones en metales.

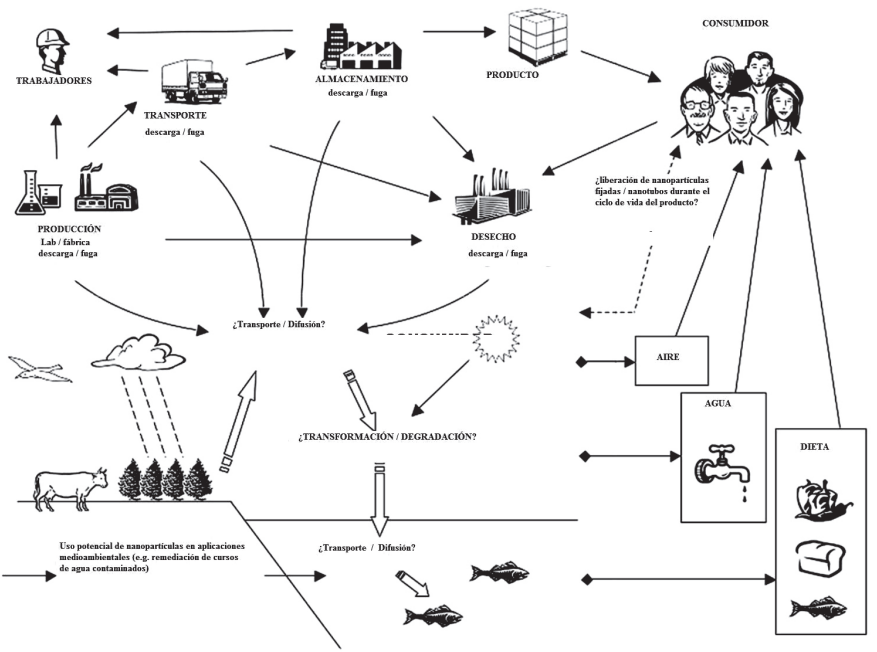


Esta escala de riesgo se asocia, también, a las diferentes maneras en que las nanopartículas pueden ingresar al organismo e interactuar con éste. En términos generales las principales vías de ingreso potencial de nanopartículas al organismo son la inhalación, la ingestión y la penetración a través de la piel. Cuando se trata de productos médicos con nanopartículas, también pueden ingresar al organismo vía inyección o por el desprendimiento de nanopartículas utilizadas en implantes. Ciertamente, también es necesario llevar en cuenta el caso de accidentes, como incendios o explosiones, que pueden extender los riesgos de las nanopartículas a personas sin protección.

5. Exposición de trabajadores y consumidores a nanopartículas manufacturadas

El reporte de la Royal Society sobre las Nanociencias y Nanotecnologías, de 2004, ya señalaba preocupación por los potenciales riesgos a la salud y el medio ambiente de las nanopartículas manufacturadas, e incluía el siguiente diseño que muestra las rutas de potencial interacción con la población y el medio ambiente:

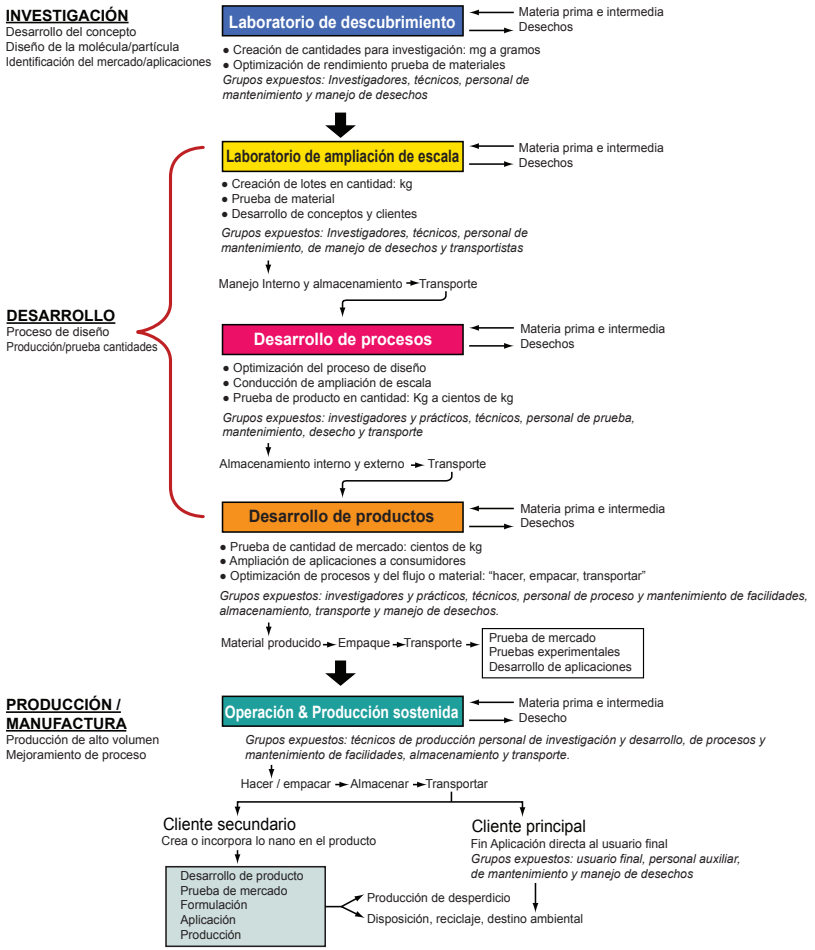
Principales rutas de exposición a las nanopartículas



Nota: algunas potenciales rutas de exposición a nanoparticulas y nanotubos, basado en aplicaciones actuales y potenciales. Se conoce poco sobre las rutas de exposición de las nanopartículas y nanotubos y esta figura debe ser vista bajo dicha consideración (Adaptada del National Institute for Resources and Environment, Japón).
Fuente: RS&RAE, 2004: 37.

Schulte, investigador del NIOSH, y colaboradores elaboraron el siguiente diagrama del riesgo de exposición a nanopartículas en el lugar de trabajo.

Lugares de trabajo con potencial de exposición laboral a nanopartículas manufacturadas durante su ciclo de vida.



Nota: la figura ilustra el ciclo de vida de los nanomateriales desde el laboratorio de investigación y desarrollo a través de la evolución de producto, uso y disposición final. Cada etapa del ciclo representa posibilidades de exposición potencial de los trabajadores a nanoparticulas.
Fuente: Schultc, *et at, 2008.*

El diagrama se centra en el riesgo de exposición laboral. Por esta razón no aparecen los riesgos al medio ambiente, y tampoco los riesgos a los consumidores, pero dando seguimiento a cada etapa resulta fácil suponerlos. Así, por ejemplo, todas las etapas muestran, en la sección de la derecha, que existen residuos y éstos pueden afectar el medio ambiente si no existen mecanismos adecuados para evitarlo.

El diagrama también muestra que, para cada etapa, existen personas sujetas a mayor y menor exposición y riesgo. En la etapa de investigación, por ejemplo, los

propios investigadores son sujeto de riesgo; pero los autores advierten que también lo son los trabajadores de servicio de mantenimiento de los laboratorios, y también son proclives al riesgo quienes se encargan de manipular los desechos.

La segunda etapa que se ilustra en el diagrama es la de desarrollo o producción de materias primas en masa. Aquí los sujetos directamente involucrados son investigadores, técnicos y operarios de las empresas, aunque se agregan los encargados de almacenar el producto y los transportistas que llevan la nano-materia prima a las industrias que las requieren.

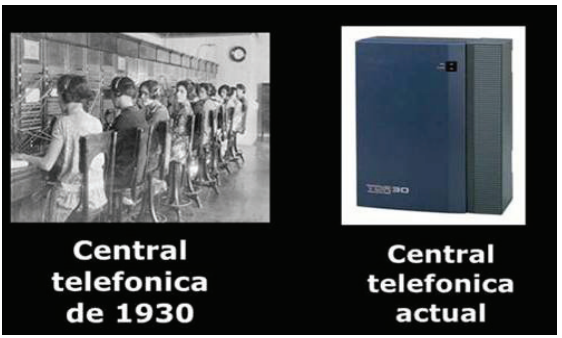
Luego viene la etapa de la producción y manufactura de productos intermedios y finales. Aquí las nanopartículas son incorporadas a variados procesos industriales, con el fin de otorgar a los productos una ventaja comercial o de utilidad. Además de los sujetos de riesgo de las etapas anteriores surgen diversos sectores de obreros y personal administrativo y de servicios. El consumidor final también está sujeto a riesgo en diferente medida dependiendo del tipo de producto y forma de exposición.

Debe quedar claro que la conexión entre exposición a nanopartículas y riesgo a la salud está mediada por múltiples factores, no solamente los que son intrínsecos a los propios nanomateriales y grado de exposición de los trabajadores, sino también, y de forma muy importante, las condiciones de infraestructura, equipamiento de supervisión, instrumentos y vestimenta de protección y los medios de prevención a aquellas exposiciones.

Son los trabajadores quienes están expuestos en primera instancia al riesgo de las nanopartículas. Los trabajadores que fabrican nanopartículas, o los trabajadores de una industria textil o de otro sector que incorporan nanopartículas a sus tejidos o producto final, están expuestos a las nanopartículas libres, aún no asociadas de manera físico-química al producto final y, por tanto, su grado de exposición es mayor que la del consumidor final. Existen, sin embargo, casos en que el consumidor final puede estar directamente expuesto, como ocurre con los cosméticos donde las nanopartículas pueden introducirse con mayor facilidad en el organismo. Otro ejemplo es el caso de los trabajadores agrícolas que manipulan plaguicidas y otras sustancias químicas directamente, y donde un mínimo descuido implica el contacto directo del producto que contiene las nanopartículas con la piel, la inhalación de vapores u otras formas de exposición.

6. Implicaciones de las nanotecnologías para el empleo

Debe señalarse que el tema del empleo todavía no ha entrado en las agendas de investigación sobre las implicaciones sociales de las nanotecnologías. A pesar que hoy en día son pocos los productos, las industrias y los trabajadores relacionados a las nanotecnologías, es claro que se trata de tecnologías de punta, altamente sofisticadas y que profundizan la tendencia a la miniaturización y automatización de los procesos de producción y los servicios, tendencia que comenzó con la revolución de la microelectrónica y que tuvo como resultado una gran reducción del empleo en muchos sectores de la economía.



Los productos de la nanotecnología que ya están en el mercado nos permiten identificar tres características comunes: el mismo producto tiende a cumplir funciones para las cuales antes se requería de más de un producto (o sea son multifuncionales); el producto tiene una vida útil más prolongada; y, utilizan menos materia prima. Algunos productos combinan dos o tres de estas características. Tomado en su conjunto, esto significa que la manufactura de estos productos requerirá menos empleo. Además, estas innovaciones reducen la demanda de productos tradicionales que compiten con ellos.

El aspecto multifuncional puede ser visualizado en la industria alimenticia. Las compañías adicionan vitaminas, colágeno, foto-extractos y otras substancias nanoencapsuladas a los alimentos y las bebidas. George Weston Foods adiciona ácidos grasos Omega-3 a una de las marcas más populares de pan blanco en Australia; la Qinghuangdao Ialji Ring Nano-Product Co. Ltd. enriquece su nano té con selenio. Son ejemplos de nutraceuticos, o productos que simultáneamente cumplen funciones de alimento, estéticas y medicinales; funciones antes brindadas por diferentes productos. CHT Brasil Quimica produce Nouwell E, una fibra textil que desarrolla funciones cosméticas transfiriendo vitamina E a la piel y desprendiendo perfume. La camisa Life Shirt, por ejemplo, monitorea la actividad respiratoria, cardiaca, cambios de postura y otras funciones, almacenando esta información en un computador portátil.

Los productos multifuncionales demuestran una tendencia a la unión de ramas productivas, que llevan a reconfigurar los sectores industriales actuales y la distribución del empleo. Es probable que haya menos trabajos disponibles y una demanda de habilidades más amplia y menos específica. La aglomeración de funciones también lleva a la centralización del transporte, de la distribución, del mercadeo y de la comercialización, que posiblemente resulte en menos empleos en estos campos.

Muchos productos de la nanotecnología están dirigidos a hacerlos más durables en el mercado. EMBRAPA desarrolla películas digestibles con nanoparticulas para cubrir las nueces de macadamia, de manera de bloquear la entrada de oxígeno y vapor de agua, haciendo que la nuez dure más. Miller Brewing usa botellas de un plástico que incorpora nanopartículas de cerámica, para establecer una barrera entre las moléculas de dióxido de carbono que tratan de escapar del envase y las moléculas de oxígeno que tratan de entrar, manteniendo a la cerveza fresca y dándole una vida en los estantes de los supermercados de hasta 6 meses. Científicos de compañías como Kraft, Bayer y Kodak están desarrollando una variedad de materiales de empaque que absorben oxígeno, detectan patógenos en los alimentos y alertan al consumidor cuando el alimento está descompuesto.

Usando nanotecnología las empresas podrán producir productos que tienen una vida útil en los supermercados más prolongada. Esto será bueno para las compañías porque reducirá el desperdicio y la basura. Pero, las actividades de transporte, almacenamiento, supervisión de la calidad de los productos, mantenimiento en estantes y otras funciones se verán reducidas. Así habrá menos empleos como resultado de la eficiencia. ¿Qué estudios de políticas públicas paliativas están pensando los gobiernos? Ninguno.

Otros productos explotan las ventajas de los nuevos materiales producidos por la nanotecnología para sustituir materias primas. Adidas usa nanotubos de carbono para producir los tenis de correr con tapones más livianos. Easton Sport usa nanotubos de carbono para producir cuadros de bicicleta. Elko's Invisicon utiliza las propiedades conductivas de los nanotubos de carbono en la manufactura de capas transparentes para pantallas planas de luz OLED y para células solares. Los nanotubos también pueden reemplazar a los hilos de cobre que transmiten electricidad, modificando todo el comercio mundial. Braskem, produce una resina de polipropileno adicionada con cerámica en tamaño nanométrico que reemplaza metales y otros plásticos en las industrias de automóviles y de aparatos domésticos.

Estos cambios en los materiales alterarán la distribución del empleo entre los diferentes sectores. Dado que la explotación de las materias primas está estrechamente amarrada a las características geográficas, tanto a nivel nacional como internacional, los cambios en la demanda llevará a una nueva distribución regional e internacional del trabajo.

7. EL SAICM y las recomendaciones de los países de América Latina y el Caribe

El "Enfoque Estratégico para la gestión de los productos químicos a nivel internacional" mejor conocido como SAICM (Strategic Approach to International Chemicals Management) es un convenio voluntario, aprobado en Dubai, Emiratos Arabes Unidos en febrero del 2006 por la Conferencia Internacional sobre Gestión de los Productos Químicos. Este enfoque estratégico está formado por una Declaración Política de Alto Nivel, una Estrategia de Política Global y un Plan Mundial de Acción, que en su conjunto constituye un marco normativo para lograr un objetivo global: *que las sustancias quimicas sean producidas y usadas de modo que se reduzcan significativamente los impactos sobre el ambiente y la salud*. El SAICM es administrado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y junto con la Organización Mundial de la Salud (OMS) comparte las funciones de dirección en la Secretaría de este convenio.

El SAICM es el único espacio multilateral internacional donde se discute y acuerdan por consenso medidas voluntarias sobre la gestión de los productos químicos a lo largo de su ciclo de vida, incluyendo los aspectos de salud ocupacional, de salud pública y ambiental; y en donde participan tanto los países más industrializados, como los llamados países en desarrollo y los países con economías en transición, así como los grupos de la sociedad civil de interés público y la industria. A pesar de no ser un convenio legalmente obligatorio, cada país miembro tiene el compromiso de desarrollar un plan nacional de aplicación con actividades específicas basadas en un Plan Mundial de Acción.

La segunda Conferencia Internacional sobre Gestión de Productos Químicos (ICCM, por su sigla en inglés), realizada en Ginebra en 2009, donde participaron gobiernos y organizaciones no gubernamentales reconoció y decidió (Resolución II-4-E) que la nanotecnología y los nanomateriales manufacturados son un nuevo tema emergente que debe ser normado en el marco del SAICM. Destaca en dicha resolución el llamado a que se otorgue asistencia a los países en desarrollo y con economías en transición para que puedan aumentar su capacidad y maximizar los beneficios y reducir al mínimo los posibles riesgos de la nanotecnología y nanomateriales manufacturados. Además pide a los gobiernos e industria mantener un diálogo con los trabajadores y sus representantes en el fomento de las medidas apropiadas para proteger la salud y el ambiente, entre otras medidas, y que se mantenga un diálogo público con todos los sectores interesados.

En este marco se desarrollaron talleres regionales sobre nanotecnología y nanomateriales en Africa, América Latina y Asia organizados por el Instituto de las Naciones Unidas para la Formación Profesional y la Investigación (UNITAR) y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). En América Latina y el Caribe, dichos talleres se realizaron junto con las reuniones de consulta regional sobre los avances en la aplicación del SAICM en Kingston, Jamaica, del 8 al 12 de mazo del 2010, y en la ciudad de Panamá, del 2 al 3 de junio del 2010. En estas reuniones de consulta regional se aprobaron una serie de recomendaciones para orientar la política en torno a las nanotecnologías y los materiales manufacturados, y en la reunión de Panamá se discutieron las posibles medidas de cooperación y acciones específicas que deberían ser incorporadas dentro del Plan de Acción Mundial del SAICM, teniendo como base una propuesta elaborada por el Gobierno Suizo.

En lo que sigue resumimos en grandes temas, pero no exhaustivamente, la larga lista de propuestas que fueron incluidas en las resoluciones de dichas consultas regionales de los países de América Latina y el Caribe (GRULAC) con algunos comentarios adicionales.

- Aplicar el ***enfoque de precaución*** durante todo el ciclo de vida de los nanomateriales y productos que los contienen. La resolución del GRULAC adoptada en Panamá recomienda el "*desarrollo de un marco regulatorio basado en un enfoque de precaución en relación a la salud pública, la salud ocupacional y el medio ambiente, a lo largo del ciclo de vida de los nanomateriales manufacturados*. Habría que recordar que la aplicación de un criterio o enfoque de precaución forma parte del Principio 15 de la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo de 1992 suscrita por todos los países. Además que la aplicación del **principio de precaución** *como principio general en la gestión de riesgos* fue una recomendación aprobada por unanimidad por gobiernos, industria y otros grupos no gubernamentales en la declaración sobre nanotecnlogía y nanomateriales del Foro Intergubernamental de Seguridad Química (IFCS en inglés) realizado en Dakar, Senegal en septiembre del 2008; lamentablemente, en la posterior conferencia ICCM2, realizada en Ginebra en el 2009, la presión de los países desarrollados y la industria lograron que no se invocara a este principio. Por lo que habría que incluirlo en el diseño de una política nacional sobre nanotecnología.
- **Transparencia y derecho a la información de trabajadores y consumidores.** Exigir que los productores entreguen información adecuada sobre el contenido de los nanomateriales manufacturados, a fin de dar a conocer los riesgos potenciales a las autoridades y consumidores a través del registro y etiquetado de los productos (GRULAC Kingston resolución "b"; GRULAC Panamá). El etiquetado obligatorio de los productos con nanomateriales permitirá que el

consumidor pueda elegir libremente; así como la información proporcionada por los productores a los sindicatos es un derecho establecido en el Convenio 154 sobre Negociación Colectiva de la Organización Internacional del Trabajo, y firmado por varios países de América Latina y el Caribe, e incluido en el Código del Trabajo de muchos países. También se recomendó la necesidad de un registro público nacional de nanomateriales manufacturados producidos e importados, con sus características y volúmenes producidos. Los países del GRULAC apoyaron la propuesta del Gobierno Suizo para desarrollar criterios para incorporar la seguridad de los nanomateriales en el Sistema Mundial Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Sustancias Químicas (GHS por su sigla en inglés) como una actividad nueva en el Plan Mundial de SAICM.

- La aplicación de **la responsabilidad ampliada del productor** a través de todo el ciclo de vida de los nanomateriales manufacturados. Esto quiere decir que el productor se haga responsable no sólo de la producción sino durante el transporte y cuando el nanomaterial manufacturado se convierta en un desecho, y no siga trasladando –como ahora– esta responsabilidad al consumidor o a los gobiernos. Esta propuesta está incluida en el borrador del Plan Mundial de Acción del Gobierno Suizo y fue apoyada por el GRULAC en Panamá.
- Fortalecer el desarrollo de capacidades para *evaluar de manera eficaz los riesgos de los nanomateriales manufacturados, especialmente para los grupos vulnerables, como los niños, las mujeres embarazadas y las personas mayores* (Recomendación GRULAC Panamá). Habría que añadir que estas evaluaciones se deberían realizar mediante el establecimiento de ***instituciones nacionales y regionales para evaluarlas de forma independiente*** a la industria.
- Incorporar la ***participación multisectorial, particularmente de los trabajadores y del sector salud*** en la elaboración de políticas, programas y materiales de capacitación sobre salud ocupacional, seguridad y medio ambiente sobre nanotecnologías y materiales nanomanufacturados, (GRULAC resoluciones "e" y "g" de Kingston y resolución de Panamá). Debiera añadirse, aunque no aparece en las resoluciones del GRULAC, la participación de trabajadores, consumidores y otros grupos de interés público en la elaboración de las políticas de ciencia y tecnología, para garantizar una orientación de las nanotecnologías a la satisfacción de necesidades sociales, una capacitación de la fuerza de trabajo, y políticas compensatorias frente al potencial desempleo tecnológico.
- Establecer ***reglamentaciones de comercio exterior***. Particularmente se recomienda *el desarrollo de códigos aduaneros específicos para los nanomateriales manufacturados*. También *exigir que los residuos que*

contengan nanomateriales manufacturados no sean transferidos a los países que no estén capacitados para manejarlos en forma adecuada, y plantea que se debe *reconocer el derecho de los países a aceptar o rechazar la importación y el uso de nanomateriales manufacturados y de productos que lo contengan, a fin de reducir al mínimo sus riesgos*. Y también se planteaba la necesidad de regular el transporte de los materiales nanomanufacturados en base a criterios de seguridad (Recomendaciones del GRULAC en Panamá).

A la mayoría de estas propuestas se opusieron la industria química y algunos países industrializados, principalmente Estados Unidos, Canadá, Japón y Australia durante las negociaciones del llamado Grupo de Trabajo de Composición Abierta de la Conferencia Internacional de Gestión de Sustancias Químicas (ICCM) que se reunió, del 15 al 18 de noviembre del 2011 en Belgrado, Serbia, Es por ello importante que las organizaciones de la sociedad civil exijan a los gobiernos de América Latina y el Caribe que los consulten y representen los intereses generales por encima de los intereses comerciales en las negociaciones finales sobre las recomendaciones sobre nanotecnología y las acciones a incluirse en el Plan Mundial de Acción del SAICM, que deberán ser aprobadas en la tercera conferencia de la ICCM, a celebrarse del 17 al 21 de septiembre del 2012 en la sede del PNUMA, en Nairobi, Kenya. De tal modo que los países de América Latina y el Caribe renueven estas demandas junto con otros grupos regionales afines, como el grupo de África, para lograr cumplir con el objetivo general estratégico del SAICM de reducir de modo significativo los riesgos en la producción y uso de nanomateriales y productos nanomanufacturados, y se responda a las necesidades sociales reales de nuestros países.

Bibliografía consultada

Adidas (2008). Olympic hopeful Jeremy Wariner to compete in revolutionary track spike at U.S. Olympic trials. Press Release, June 28. http://www.press.adidas.com/en/DesktopDefault.aspx/tabid-11/16_read-9399/

Assis, Odilio B.G. & Forato, Lucimara A. (2009). Embrapa Desenvolve Coberturas Comestíveis para Minimizar Rancificação de Nozes Macadamia, *Toda Fruta*, Aug. 13. http://www.todafruta.com.br/todafruta/mostra_conteudo.asp?conteudo=19733

Basson, Astrid (2003). *Ready to Wear –Innovative Textiles with Medical Applications*, *Frost & Sullivan Newsletter,* Julio 25. http://www.frost.com/prod/servlet/market-insight-top.pag?docid=4950390.

Behr Process Corp., (s/f). Our Products. http://www.behr.com/Behr/home#

BMC Trading AG (s/f). Bikes: Frame Design. http://www.bmc-racing.com/en/us/bikes/technology/frame-design/

Choi, JY ; Ramachandran, G ; Kandlikar, M. (2009). The impact of toxicity testing costs on nanomaterial regulations. *Environmental Science and Technology* 20 feb.

Chou, Cheng-Chung , Hsiang-Yun Hsiao, Qi-Sheng Hong, Chun-Houh Chen, Ya-Wen Peng, Huei-Wen Chen, and Pan-Chyr Yang (2008). Single-Walled Carbon Nanotubes Can Induce Pulmonary Injury in Mouse Model. *Nano Lett.,* 8(2), 437-445.

CONACYT (Consejo Nacional De Ciencia Y Tecnología) (México). *Programa especial de ciencia y tecnología 2001-2006.* [Véase también tomo II]. México D.F: Conacyt, 2002.

Deng, Xiaoyong, Luan, Oixia; Chen, Wenting; Wang, Yanli; Wu, Minghong; Zhang, Haijiao; y Zheng Jiao (2009). Nanosized zinc oxide particles induce neural stem cell apoptosis. *Nanotechnology,* 20, 115101.

DHHS (Department Of Health And Human Services). Centers for Disease Control and Prevention. National Institute for Occupational Safety and Health. (2009). *Approaches to Safe Nanotechnology.* DHHS (NIOSH).

Elko's (s/f). Why Choose Invisicon® Transparent Conductive Films for your Display System? http://www.eikos.com/advantages.html

ETC Group (2003). Size Matters! The Case for a Global Moratorium. *Occasional Paper Series*, 7(1), abril.

ETC group (2003). *The Big Down: Atomtech – Technologies Converging at the Nano-Scale.* http://www.etcgroup.org/upload/publication/171/01/thebigdown.pdf

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.* http://www.etcgroup.org/en/node/45

ETUC (2008). ETUC resolution on nanotechnology and nanomateriales. http://www.etuc.org/IMG/pdf_ETUC_resolution_on_nano_-_EN_-_25_Juniio_08.pdf

EurActive (2009). 'No data, no market' for nanotechnologies, MEPs say. News. Abril 02, 2009. http://www.euractiv.com/en/science/data-market-nanotechnologies-meps/article-180893

European Parliament (2009). Novel foods, MEPs set new rules. http://www.europarl.europa.eu/news/expert/infopress_page/067-52498-082-03-13-911-20090324IPR52497-23-03-2009-2009-false/default_en.htm

Federici, Gillian; Shaw, Benjamin J.; & Handy, Richard D. (2007). Toxicity of titanium dioxide nanoparticles to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): Gill injury, oxidative stress, and other physiological effects. *Aquatic Toxicology*, 84, 4, 415-430.

FoE – A. (Friends of Earth – Australia). (2006). *Nanomaterials, sunscreens and cosmetics: small ingredients big risks.* FoE. http://nano.foe.org.au/node/125.

Foladori, Guillermo; Záyago, Edgar; Invernizzi, Noela. (2011 –en prensa). *Perspectivas sobre el desarrollo de las nanotecnologías en América Latina.* México D.F.: Miguel Angel Porrúa.

Garber, Cathy (2006). Nanotechnology Food Coming to a Fridge Near You. *NanoWerk*, Dec. 28. http://www.nanowerk.com/spotlight/spotid=1360.php.

Gatchair, S. (2010). Potential Implications for Equity in the Nanotechnology Workforce in the US. En: Cozzens, S. and Wetmore, J. *Yearbook of Nanotechnology and Society,* Vol. III: Nanotechnology, Equity and Equality. New York: Springer.

Ghafari, P; Christine H. St-Denis, Mary E. Power, Xu Jin, Veronica Tsou, Himadri S. Mandal, Niels C. Bols and Xiaowu (Shirley) Tang (2008). Impact of carbon nanotubes on the ingestion and digestion of bacteria by ciliated protozoa. *Nature Nanotechnology* advance online publication 11 May 2008.

Herbold, Frits V. (2005). *Nanotecnologia na Industria Têxtil: Onde Estamos e para Onde Vamos*. Presentação em *Nanotec 2005*. http://www.abtt.org.br/artigos/confrits.pdf

Howard, Vyvyan (2004). [Conference] *Nanotex 2004*, Daresbury Laboratories. Warrington, England. En: *SmallTimes* (2004 January 14). British scientist: Nanoparticles might move from mom to fetus http://www.smalltimes.com/Articles/Article_Display.cfm?ARTICLE_ID=269201&p=109.

Incrementha PD&I (2007). Incrementha Lança Primeiro Fármaco Brasileiro Desenvolvido com Nanotecnologia. Press Release, April, 25, 2007. http://www.tramaweb.com.br/cliente_ver.aspx?ClienteID=75&NoticiaID=4029

Invernizzi, N. ; Foladori, G. (2010). Implicaciones de las nanotecnologías en el empleo. *Sociología y Tecnociencia*, 2: 1-20. http://sites.google.com/site/sociologiaytecnociencia/no-1-vol-2/ArtInvernizziyFoladori.pdf?attredirects=0

IPEN (Red Internacional de Eliminación de Contaminantes Orgánicos Persistentes). Breves Antecedentes sobre nanotecnología y nanomateriales. 2011. http://www.ipen.org/ipenweb/work/nano.html

Kaluza, Simon; Kleine Balderhaar, Judith; Orthen, Bruno; Honnert, Bertrand; Jankowska, Pietrowski, Piotr; Elzbieta; Rosell, María Gracia; Tanarro, Celia, Tejedor, José & Zugasti, Agurtzane. (2009). *Workplace exposure to nanoparticles*. European Risk Observatory Report. Literature Review. The European Agency for Safety and Health at Work.

Köhler, A., Som, C., Helland, A., Gottschalk, F. (2008). Studying the potential release of carbon nanotubes throughout the application life cycle. *Journal of Cleaner Production.* 16 (8-9):927-937.

Kulinowski, Kristen. (2009). Temptation, Temptation, Temptation: Why Easy Answers About Nanomaterial Risk are Probably Wrong. *AzoNanotechnology*.

Leroueil, Pascale R.; Berry, Stephanie A.; Duthie, Kristen; Han, Gang; Rotello, Vincent M.; McNerny, Daniel Q.; Baker, James R. Jr.; Orr, Bradford G.; & Banaszak Holl, Mark M. (2008). Wide Varieties of Cationic Nanoparticles Induce Defects in Supported Lipid Bilayers. *Nano Lett.,* enero.

Lyons, Kristen (2006). Nanotech Food Futures? *Chain Reaction*, 97, 38-39. http://www.foeeurope.org/publications/2006/Size_matters_foe_australia.pdf

Maynard, Andrew D. (2006). Nanotechnology: Assessing the risks. *NanoToday*, May. 22-33.

Maynard, Andrew D.; Aitken, Robert J.; Butz, Tilman; Colvin, Vicki; Donaldson, Ken; Oberdörster, Günter; Philbert, Martin A.; Ryan, John; Seaton, Anthony; Stone, Vicki; Tinkle, Sally S.; Tran, Lang; Walker Nigel J. & Warheit, David B. (2006 nov). Safe handling of nanotechnology. *Nature*, 444, 16.

Meridian Institute. (2007). *Nanotechnology, Commodities and Development.* Background Paper for the International Workshop on Nanotechnology, Commodities and Development, Rio de Janeiro, May 29-31. http://www.merid.org/nano/commoditiesworkshop/files/Comm_Dev_and_Nano_FINAL.pdf

Miller, Georgia & Rye, Senjen (2007). Del laboratorio a la cadena alimenticia. La nanotecnología en los alimentos y la agricultura. En: Foladori, G & Invernizzi, N. *Nanotecnologías en la Alimentación y Agricultura*. UdeLAR-Extensión, UITA, ReLANS. Montevideo.

Miller, Georgia (2008). Mounting evidence that carbon nanotubes may be the new asbestos. Friends of the Earth Australia. http://nano.foe.org.au/sites/default/files/Mounting%20evidence%20that%20carbon%20nanotubes%20may%20be%20the%20new%20asbestos%20-%20August%202008_0.pdf

Nanoaction (2007). Principios para la supervision de las nanotecnologías y nanomateriales. NanoAction. A Project of the International Center for Technology Assessment. 2007. www.nanoaction.org/nanoaction/page.cfm?id=223

Nanoceo (Nanotechnology Citizen Engagement Organization). Database. http://www.nanoceo.net/nanorisks

Nygaard, Unni; Hansen, Jitka S; Samuelsen, Mari; Alberg, Torunn; Marioara, Calin D.; y Martinus Løvik (2009). Single-Walled and Multi-Walled Carbon Nanotubes Promote Allergic Immune Responses in Mice. *Toxicological Sciences,* 109(1):113-123.

Oberdorster, G; Oberdorster, E; and, Oberdorster, J. (2005). Nanotoxicology: An emerging discipline evolving from studies of ultrafine particles. *Environ Health Perspect,* 113 (7): 823-839.

OICTI (Observatorio Iberoamericano De Ciencia Tecnología E Innovación). (2009). *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. http://www.oei.es/observatoriocts/index.php?option=com_content&view=article&id=12&Itemid=3

Oliveira, Marcos de (2007 Feb.). Unbreakable: The Company Braskem is Producing Resins Using Nanotechnology that Result in Plastics that are More Resistant, *Pesquisa Fapesp Online.* http://www.revistapesquisa.fapesp.br/?art=1899&bd=1&pg=1&lg=en

Poland, C.A.; Duffin, R.; Kinloch, I; Mayonard, A.; Wallace, W.A.H.; Seaton, A.; Stone, V.; Brown, S.; MacNee, W.; Donaldson, K. (2008). Carbon nanotubes introduced into the abdominal cavity of mice show asbestos-like pathogenicity in a pilot study. *Nature Nanotechnology* advance online publication 18 mayo 2008.

Qinghuangdao Ialji Ring Nano-Product Co. Ltd. (s/f). About Nanotea. http://web.archive.org/web/20071217224829/http://www.369.com.cn/En/nanotea.htm

Roberts, Aarón P; Andrew S. Mount, Brandon Seda, Justin Souther, Rui Qiao, Sijie Lin, Pu Chun Ke, Apparao M. Rao, and Stephen J. Klaine (2007). In vivo Biomodification of Lipid-Coated Carbon Nanotubes by *Daphnia magna*, *Environ. Sci. Technol*, *41* (8), 3025–3029.

Royal Commission on Environmental Pollution (2008 noviembre). *Novel Materials in the Environment: The case of nanotechnology.* London: TSO (The Stationery Office). http://www.rcep.org.uk/novel%20materials/Novel%20Materials%20report.pdf

RS&RAE (Royal Society & Royal Academy of Engineers). (2004). *Nanoscience and Nanotechnologies: Opportunities and Uncertainties*. http://www.nanotec.org.uk/finalReport.htm

SAICM/ICCM 2-15 (2009). *Informe de la Conferencia Internacional sobre Gestión de los Productos Químicos sobre la labor realizada en su segundo período de sesiones. Conferencia Internacional sobre Gestión de los Productos Químicos*. Segundo período de sesiones. Ginebra, 11 a 15 de mayo de 2009. http://www.saicm.org/documents/iccm/ICCM2/ICCM2%20Report/ICCM2%2015%20FINAL%20REPORT%20S.pdf

Sarma, Shilpanjali Deshpande & Chaudhury, Saswata (2009). SocioEconomic Implications of Nanotechnology Applications. *Nanotechnology Law & Business Journal*, 6, 2: 278-310.

Schulte, Paul; et al. (2008). Occupational Risk Management of Engineered Nanoparticles. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene,* 5, 4: 239-249.

ScienceDaily (2008 Oct. 23). Nanomaterials May Have Large Environmental Footprint. ScienceDaily. http://www.sciencedaily.com/releases/2008/10/081022135805.htm.

Sharma, V., Shukla, R.K., Saxena, N. *et al.* (2009). DNA damaging potential of zinc oxide nanoparticles in human epidermal cells. *Toxicology Letters,* 185, 3: 211-218.

Spatuzza, Alexandre (2006). *Braskem launches nanotechnology compound resin – Brazil*, *Bus. News Americas*, Nov. 7. http://www.bnamericas.com/news/oilandgas/Braskem_launches_nanotechnology_compound_resin

Takagi, A.; Hirose, A.; Nishimura, T.; Fukumori, N.; Ogata, A.; Ohashi, N.; Kitajima, S.; Kanno, J. (2008) Induction of mesothelioma in p53+/- mouse by intraperitoneal application of multi-wall carbon nanotube. *The Journal of Toxicological Sciences*, 33, 105-116.

Takeda, K; Suzuki, K; Ishihara, A; Kubo Irie, M; Fujimoto, R; Tabata, M; Oshio, S; Nihai, Y; Ihara, T; Sugamata, M. (2009). Nanoparticles transferred from pregnant mice to their offspring can damage the genital and cranial nerve systems. *Journal of Health Sciences*, 55(1), 95-102.

Tinkle SS, Antonini JM, Rich BA, Robert JR, Salmen R, DePree K, Adkins EJ (2003). Skin as a route of exposure and sensitization in chronic beryllium disease. *Environ Health Perspect* 111(9):1202–1208.

UITA (2007). The IUF Resolution. http://www.rel-uita.org/nanotecnologia/resolucion_uita_nano_eng.htm.

Visser, Rob (with co-op: G. Karlaganis, V. Murashov & S. Seo). (2011). Nanomaterials: applications, implications and safety manafement in the SAICM context. En: Report on nanotechnologies and manufactured nanomaterials. SAICM/OEWG.1/INF/8 30 sept., 2011. http://www.saicm.org/documents/OEWG/Meeting%20documents/OEWG1%20INF8_Nano%20report.pdf

Von Vroekhuizen, Pieter & Reijnders, Lucas (2011). Building Blocks for a Precautionary Approach to the Use of Nanomaterials: Positions Taken by Trade Unions and Environmental NGOs in the European Nanotechnologies Debate. *Risk Analysis*, 31, 10:1646-1657.

Wilhelm, F.H., Roth, W.T. & Sackner, M.A. (2003). The LifeShirt. An Advanced System for Ambulatory Measurement of Respiratory and Cardiac Function. *Behavior Modification* 5: 671-691.

Wong-Ekkabut, Jirasak; Svetlana Baoukina, Wannapong Triampo, I-Ming Tang, D. Peter Tieleman and Luca Monticelli (2008). Computer simulation study of fullerene translocation through lipid membranes. *Nature Nanotechnology*. Advanced on line online publication 18 mayo 2008.

Woodrow Wilson Internacional Center for Scholars (2009). Inventory of Consumer Products. Project on Emerging Nanotechnologies. Washington D.C.: Woodrow Wilson International Center for Scholars. http://www.nanotechproject.org/inventories/consumer/

Yang, Wenjuan; Cenchao Shen; Qiaoli Ji; Hongjie An;JinjuWang; Qingdai Liu; and Zhizhou Zhang (2009). Food storage material silver nanoparticles interfere with DNA replication fidelity and bind with DNA, *Nanotechnology*, 20.

Zhu L, Chang DW, Dai L, Hong Y. (2007). DNA damage induced by multiwalled carbon nanotubes in mouse embryonic stem cells. *Nano Lett*., 7(12):3592-3597.