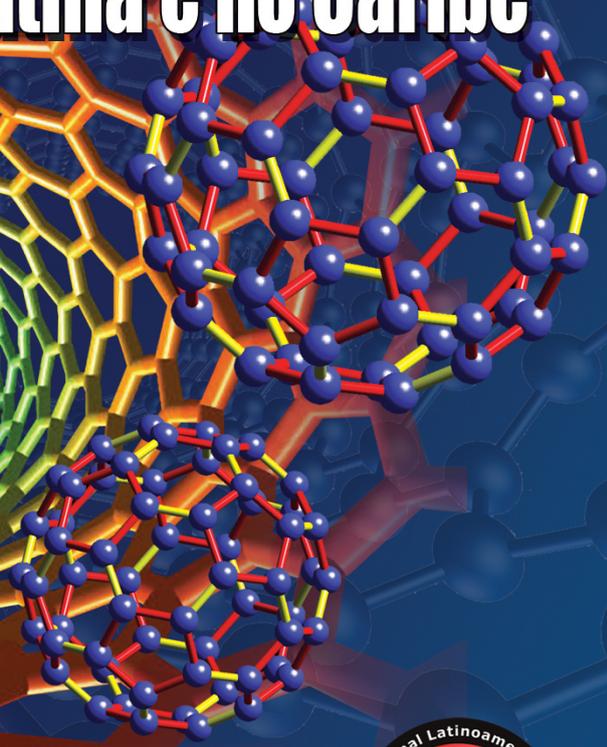


Implicações sociais e ambientais do desenvolvimento das nanotecnologias na América Latina e no Caribe



Implicações sociais e ambientais do desenvolvimento das nanotecnologias na América Latina e no Caribe

Guillermo Foladori

Noela Invernizzi

(com a colaboração de Fernando Bejarano)

ReLANS



www.relans.org



un futuro sin tóxicos

www.ipen.org



www.rel-uita.org

2012

Zacatecas, México / Curitiba, Brasil

Este folheto foi realizado pela ReLANS com o apoio da Rede Internacional para Eliminação de Contaminantes Orgânicos Persistentes (IPEN) dentro do Projeto Internacional de Implementação do SAICM.



A ReLANS (Rede Latino-Americana de Nanotecnologia e Sociedade) é uma rede acadêmica formada por pesquisadores de diversas disciplinas interessados no desenvolvimento das nanotecnologias na América Latina. A rede é pioneira na análise das implicações da nanotecnologia na força de trabalho, uma questão pouco considerada na discussão mundial, apesar de sua relevância. A página Web da ReLANS tem uma janela especial a partir de onde é possível se conectar com documentos e organizações sobre a questão. Para maiores informações, entre em contato com Guillermo Foladori gfoladori@gmail.com e acesse www.relans.org



A IPEN (The International POPs Elimination Network), a Rede Internacional para Eliminação de Contaminantes Orgânicos Persistentes, é uma rede mundial de mais de 700 organizações não governamentais de interesse público trabalhando juntos por um futuro livre de tóxicos. A IPEN conta com um grupo de trabalho sobre nanotecnologia. Para maiores informações entre em contato com David Azoulay dazoulay@ciel.org e acesse www.ipen.org



A ReL-UITA (Regional Latino-Americana da União Internacional dos Trabalhadores da Alimentação, Agrícolas, Hotéis, Restaurantes, Tabaco e Afins) reúne 80 organizações em 17 países.

O princípio orientador da UITA é a solidariedade internacional dos trabalhadores. Visando fortalecer as organizações filiadas, a Regional incentiva a ajuda recíproca entre elas. O compromisso fundamental da

organização é a defesa dos direitos sindicais e dos direitos humanos em geral, bem como o direito dos trabalhadores e trabalhadoras em controlar as decisões que afetam suas vidas profissionais e sociais, rechaçando qualquer forma de exploração e de opressão.

A UITA responde às necessidades de suas organizações filiadas por meio da mobilização e da coordenação da ajuda sempre que surgem conflitos trabalhistas ou políticos; a intervenção junto a governos e organizações internacionais ou de empregadores, em defesa dos direitos humanos, democráticos e sindicais.

A UITA também realiza um acompanhamento das atividades das empresas e dos acontecimentos políticos que incidam nos trabalhadores e nas trabalhadoras de seus setores. Promove a igualdade entre homens e mulheres nos locais de trabalho e na sociedade; distribui informações sobre a evolução das negociações coletivas, a segurança e a higiene no trabalho, o emprego, o comércio, a tecnologia e se dedica também à educação sindical.

Foladori, G. & Invernizzi, N. (2012). Implicações sociais e ambientais do desenvolvimento das nanotecnologias na América Latina e Caribe. ReLANS. (Rede Latino-Americana de Nanotecnologia e Sociedade). Zacatecas, México e Curitiba, Brasil. IPEN. UITA.

Tradução para o português por Luciana Gaffrée (UITA)

Desenho: Leonel Reyes Rivera.

Contenido

Introdução	1
1. O que são as nanotecnologias?	3
2. O mercado da nanotecnologia	6
3. As nanotecnologias na América Latina e Caribe	8
4. Riscos das nanotecnologias para a saúde e o meio ambiente	15
5. Exposição de trabalhadores e consumidores às nanopartículas manufaturadas	21
6. Implicações das nanotecnologias para o emprego	25
7. O SAICM e as recomendações dos países da América Latina e Caribe	28
Bibliografia consultada	33

Introdução

A América Latina e o Caribe pesquisam em nanotecnologias e comercializam produtos com nanomateriais manufaturados. Em nossos países as nanotecnologias foram declaradas setor estratégico nos programas de ciência e tecnologia e de desenvolvimento. Foram destinados fundos públicos para impulsioná-las, e a maioria dos países tem centros e grupos de pesquisa sobre esta questão. Também existem cursos de pós-graduação em nanotecnologias. Produtos com nanopartículas já estão no mercado, produzidos pelas empresas dos próprios países ou importados. Há nanotecnologia em alimentos, em cosméticos, em medicamentos, em têxteis, em produtos de limpeza, em computadores e celulares, em artigos esportivos, em produtos da indústria da construção, entre outros.

As nanotecnologias são divulgadas como uma nova revolução tecnológica, que ajudará a solucionar os mais diversos problemas. Novas formas de combater o câncer, meios eficientes para potabilizar água, sistemas de acumulação de energia menores e de maior duração, embalagens que conservam melhor os alimentos e muitas outras utilidades são as promessas das nanotecnologias. Entretanto, pouco se diz sobre os riscos e as implicações sociais das nanotecnologias, e com isso, a sociedade civil permanece desinformada. Apesar de existir informação científica sobre os potenciais riscos à saúde e ao meio ambiente causados pelas nanopartículas manufaturadas, e reconhecendo-se que ainda há muita incerteza, são escassos os fundos públicos que se destinam a avaliar este aspecto tão importante. Por não existir ainda uma política de precaução diante das novas tecnologias, os produtos entram no mercado sem uma regulamentação que garanta sua segurança; e a falta do rótulo impede que o consumidor decida livremente.

Conscientes da falta de informação, regulamentação e supervisão das nanotecnologias, delegados governamentais, especialistas e representantes das organizações da sociedade civil da América Latina e Caribe indicaram a necessidade de um marco regulatório com um enfoque precatório, entre outras propostas, como expressaram em junho

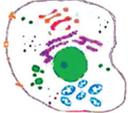
de 2011 na consulta regional sobre a aplicação do chamado “Enfoque Estratégico para a gestão dos produtos químicos a nível internacional” melhor conhecido por sua sigla em inglês SAICM (Strategic Approach to International Chemicals Management).

SAICM é um convênio voluntário que os países acordaram ser o marco de referência mundial para discutir as medidas de cooperação e ações específicas que possam ser tomadas em relação à nanotecnologia e aos produtos nanomanufaturados. Neste sentido, foram realizadas reuniões regionais e gerais preparatórias nas quais se elaboraram recomendações e minutas de resolução que deverão ser aprovadas por consenso, durante a terceira Conferência Internacional sobre Gestão de Produtos Químicos, que será realizada em setembro de 2012, em Nairóbi, Quênia, na sede do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA).

Neste contexto, foi elaborado este folheto de divulgação que sistematiza as principais implicações sociais, ambientais e de saúde do desenvolvimento das nanotecnologias na América Latina e Caribe para os trabalhadores e consumidores, com o objetivo de potencializar sua participação na discussão pública sobre as ações nacionais que os governos, a indústria e a sociedade civil devem assumir, consistentes com uma política e um marco regulatório internacional preventivo.

1. O que são as nanotecnologias?

A nanotecnologia (ou nanotecnologias) é a manipulação da matéria em escala atômica e molecular. Significa combinar artificialmente átomos e moléculas para criar partículas e estruturas que manifestem funções novas, diferentes das encontradas na matéria em tamanho maior. Por convenção, diz-se que a nanotecnologia trabalha em dimensões de até 100 nanômetros, mesmo quando as funções novas se manifestem muitas vezes em tamanhos de 300 e mais nanômetros. O que é um nanômetro? É uma unidade de medida. É a milionésima parte de um milímetro. Na última linha do desenho a seguir, podemos ver o nível no qual a nanotecnologia trabalha.

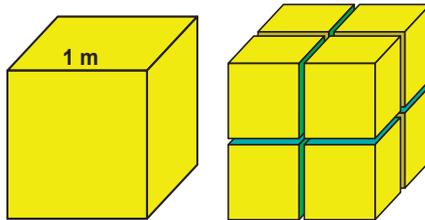
1 metro (m) O mundo macro		1 pessoa = 1.70 metros
1 milímetro (mm) (1000 milímetros=1 metro) El mundo pequeno		1 formiga = 5 milímetros
1 micrómetro (μm) (1000 micrómetros=1 milímetro) O mundo das células		1 célula = 20 micrómetros
1 nanómetro (nn) (1000 nanómetros = 1 micrómetro) O mundo da nanotecnología		Um vírus = 60 nanómetros

Fonte: ReLANS.

Trabalhar a matéria em uma escala tão pequena representa uma revolução tecnológica, porque em tal escala os materiais manifestam propriedades físico-químicas e biológicas (incluindo toxicológicas) diferentes das que se mostram em escala maior. É como descobrir um mundo de materiais novo. Esta mudança no comportamento dos materiais se deve a dois efeitos.

O primeiro, chamado *efeito quântico*, faz com que os materiais em tamanho nano tenham propriedades óticas, elétricas, térmicas, mecânicas (resistência/flexibilidade) e magnéticas diferentes. Os metais, por exemplo, são mais duros e resistentes em tamanho nano. O carbono em forma de grafite (como no lápis) é macio, mas quando é processado em nanoescala e são criados nanotubos de carbono, sua dureza chega a ser até 100 vezes maior que o aço. As propriedades óticas dos materiais sofrem alterações, adquirindo outra cor e refletindo a luz de forma diferente.

O segundo, o *efeito superfície*. Quanto menor o tamanho, maior é a superfície externa e, portanto, maior a reatividade com os átomos dos materiais vizinhos. Na figura, a superfície do primeiro cubo é de $6m^2$, enquanto que a dos oito cubinhos é de $12m^2$ para a mesma massa. Os átomos que estão na superfície externa interagem mais facilmente com os átomos de outros materiais vizinhos. Dessa forma, o ouro, que não é reativo, quando se manipula em poucos nanômetros, fica reativo e pode ser utilizado como base para elaborar sensores.



$$\text{Área } 6 \times 1 \text{ m}^2 = 6 \text{ m}^2 \quad \text{Área } 6 \times (1/2 \text{ m})^2 \times 8 = 12 \text{ m}^2$$

Estes efeitos dão aos nanomateriais novas propriedades que, por sua vez, desenvolvem efeitos toxicológicos novos. A maior reatividade e mudança nas propriedades químicas e físicas, a maior mobilidade e capacidade de absorção, a tendência ao aglutinamento, etc., são efeitos que obrigam a novos avanços científicos e tecnológicos para conhecer os impactos toxicológicos das nanopartículas manufaturadas.

LA natureza sempre produziu nanopartículas. Estão nas emissões vulcânicas, no ar, nas nuvens, na fumaça, etc. O ser humano também tem produzido nanopartículas indiretamente, como as que surgem da emissão dos motores de combustão; e tem produzido nanopartículas de maneira prática há muitos séculos, como tem sido o caso da combinação

de vidro com poeira ou diluições de metais para fazer os vitrais, tão usados na Idade Média, ou o corante dos maias conhecido como “azul maia”. Mas, se as nanopartículas sempre existiram e a própria natureza produz, qual é então a novidade?



Taça Lycurgus. S.IV DC. British Museum. Vidrio com nanopartículas de ouro e prata. quando a luz é refletada fica verde, quando transmitida, vermelha.

A novidade contemporânea é que existem instrumentos, técnicas e o conhecimento científico para manipular com grande exatidão e produzir nanopartículas, nanoestruturas e produtos derivados em quantidade industrial.

Em muitos casos, a nanotecnologia se inspira na própria natureza para copiar funções. Assim, por exemplo, a folha do lótus tem uma superfície de nanopartículas hidrofóbica; que pode ser inspiração para fazer películas finas que repelem a água. E as patas da lagartixa têm nanopelos tão pequenos que facilitam que as forças de atração entre as moléculas consigam grudá-las em superfícies verticais, desafiando a gravidade.



Folha de LOTUS (hidrofóbica)

2. O mercado dos produtos da nanotecnologia

Existem muitos produtos no mercado que são resultado da nanotecnologia. Há alimentos, cosméticos, eletrodomésticos, computadores, celulares, medicamentos, têxteis, cerâmicas, materiais da indústria da construção, artigos esportivos, armas, entre outros.

No apêndice do livro *Out of the Laboratory and into the Food Chain: Nanotechnology in Food and Agriculture*, Miller & Senjen apresentam 106 alimentos, suplementos nutricionais, materiais que entram em contato com alimentos e agro-químicos que contêm nanomateriais e estão no mercado. Ver: www.foeurope.org/activities/nanotechnology/Documents/Nano_food_report.pdf

Na alimentação, a nanotecnologia se aplica aos produtos, nas embalagens, em suplementos alimentícios e na produção agrícola. Há mais de 200 companhias que pesquisam e/ou produzem neste ramo. A nanotecnologia é utilizada no próprio produto, para, por exemplo, homogeneizar a textura e enfatizar o sabor no caso dos cremes e sorvetes, ou para reduzir o conteúdo grasso, como nas pesquisas da Kraft, Unilever, Nestlé, ou Blue Pacific Flavors. Ou, também, para adicionar ao produto suplementos alimentícios nanoencapsulados, como Omega3, fortificantes ou redutores de peso. Também pesquisam alimentos que incorporem cosméticos, como faz a L'Óreal em parceria com a Nestlé, ou a BASF. Utiliza-se da nanotecnologia nas embalagens, para fazer com que o produto tenha maior durabilidade nas prateleiras dos supermercados, como a cerveja em garrafa de nanocerâmica da Miller Brewing; ou para que a matéria-prima não se deteriore como experimenta o McDonalds ou o Mr.Kipling. As grandes corporações químicas de sementes, como Syngenta, Monsanto, Bayer e Dow Chemicals pesquisam e produzem agroquímicos e sementes nanoencapsuladas.

O ramo dos cosméticos é onde há mais produtos usando nanotecnologia no mercado. A grande maioria das corporações transnacionais têm cremes antirrugas, filtros solares e shampoos, como Chanel, Clinique, L'Oréal, Revlon, Johnson & Johnson, Proctor & Gamble, ou Lancome. Aplicada aos filtros



solares, a nanoescala faz o creme ser transparente, evitando assim a tradicional cor branca. Também se usa a nanotecnologia para difundir a luz e ocultar rugas, e muitas outras funções. Há escovas de dente e pastas dentais com nanopartículas de prata como bactericida. A União Europeia está legislando sobre o uso de nanotecnologia em cosméticos, dada a grande quantidade de evidências dos efeitos prejudiciais sobre a saúde.

Vários eletrodomésticos incluem nanopartículas de prata como bactericidas, como no caso dos condicionadores de ar, refrigeradores, lava-roupas e lava-louças da Samsung ou da LG. Finas películas de nanotecnologia são usadas para cobrir pisos, ou nanopartículas são incorporadas a pinturas e também em aerossóis para aplicar em móveis e pisos. Vidros são processados com nanotecnologia para evitar que se adira pó e sujeira, e também para facilitar o escorrimento da água. Em têxteis, a aplicação de técnicas nanotecnológicas evita que a roupa manche ou que amasse. Em alguns casos, nanopartículas de prata com efeito bactericida são aplicadas em uniformes médicos ou em vestimenta especial para doentes, assim como em lençóis, toalhas e meias. Medicamentos processados com nanotecnologia prometem ser mais eficientes e ter menos efeitos colaterais. A nanotecnologia está presente em artigos esportivos: raquetes de tênis, tacos de golfe, sapatos esportivos, roupa climatizada, etc. As principais marcas de computadores, celulares e jogos eletrônicos armazenam suas informações em baterias de lítio com anodos recobertos com nanotecnologia, e utilizam nano dispositivos eletromecânicos. Automóveis de luxo já vêm com mais de 30 partes que contêm nanodispositivos ou combinam nanopartículas.

David Haw xhuist, PEN



A maioria dos produtos no mercado são suntuários.

A indústria de armamentos é uma das que mais vem se beneficiando e é também a que mais impulsiona as nanotecnologias. De mísseis de precisão a superexplosivos, de sensores a coletes a prova de balas, percebe-se que o avanço das nanotecnologias está ligado ao interesse militar.

Praticamente todos os ramos da indústria têm produtos de nanotecnologia no mercado. De acordo com a última contagem do *Woodrow Wilson International Center for Scholars*, realizada em março de 2011, havia no mercado 1.317 produtos com nanotecnologia.

3. As nanotecnologias na América Latina e Caribe

As pesquisas em nanotecnologia começaram, mundialmente, nos anos oitenta e noventa, apesar de que, naquele momento, não se utilizava o termo nanotecnologia. Em seu lugar, eram chamadas de partículas ultrafinas. Hoje em dia, os Estados Unidos, a Alemanha, o Japão, o Reino Unido e a China seguem à frente em termos de pesquisa e produção, mas todos os países desenvolvidos e uma boa quantidade de países em vias de desenvolvimento também pesquisam e começam a produzir usando nanotecnologia.



Quando os Estados Unidos lançaram sua Iniciativa Nacional de Nanotecnologia, no ano 2000, passaram a incentivar o desenvolvimento destas ciências e tecnologias associadas no resto do mundo. Instituições

internacionais como o Banco Mundial, a Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico ou a Organização de Estados Americanos exerceram sua influência para o desenvolvimento da nanotecnologia na América Latina. Este impulso não só ocorreu em países grandes como o Brasil, a Argentina e o México, mas também em países pequenos como o Uruguai, a República Dominicana, Costa Rica e Cuba, e em países de tamanho médio, como o Peru, a Colômbia, a Venezuela ou o Chile.

Existem vários convênios bilaterais e multilaterais entre países da região que facilitam a difusão do conhecimento e a transferência de tecnologia na região. O primeiro foi o Centro Brasileiro-Argentino de Nanotecnologia, criado em 2005. Vários outros foram criados posteriormente, como o Centro Virtual Brasil-México de Nanotecnologia, as escolas Chile-Brasil de Nanotecnologia, ou o Centro Virtual México-Argentina de Nanotecnologia.

O Brasil tem o único laboratório de luz síncrotron da América Latina; localizado em Campinas, São Paulo, em funcionamento desde 1997. A luz síncrotron, produzida pela conversão em luz de partículas artificialmente aceleradas, permite explorar a estrutura da matéria. O Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT) e suas agências começaram a estimular o desenvolvimento da nanotecnologia no final do ano 2000. A primeira ação foi o financiamento de quatro redes cooperativas de pesquisa. Em 2004, um programa para o desenvolvimento da nanotecnologia foi incorporado ao Plano Plurianual 2004-2007 de Ciência e Tecnologia, o qual foi ampliado um ano mais tarde com o lançamento do Programa Nacional de Nanotecnologia. Este financiou atividades de pesquisa e desenvolvimento, com particular atenção às associações entre universidade e empresa, à construção e renovação de laboratórios, a projetos de incubadoras de empresas de nanotecnologia e à qualificação de recursos humanos. Dez novas redes cooperativas foram financiadas entre 2005 e 2009, e outras 17 lançadas em 2010. Atualmente há cerca de 50 universidades e centros de pesquisa com mais de 1.200 pesquisadores e 2.000 estudantes universitários trabalhando nas diversas áreas de nanotecnologia no Brasil. Dos 120 Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia criados pelo MCT em fins de 2008, ao menos 21 mantêm pesquisas em nanotecnologia. O país conta com umas 150 empresas que desenvolvem ou aplicam nanotecnologia a produtos finais.



Laboratório Nacional de Luz Síncrotrón. São Paulo, Brasil

Na Argentina, a Secretaria de Ciência e Tecnologia considerou, em 2003, as nanotecnologias como uma área prioritária para financiamento de pesquisa. Em 2005, foi criada a Fundação Argentina de Nanotecnologia, com um orçamento de 10 milhões de dólares para os cinco anos seguintes. Foram criadas quatro redes de pesquisa de acordo com as grandes questões da nanotecnologia. Cerca de 200 pesquisadores trabalham em nanotecnologia na Argentina. Em 2010, uma nova linha de financiamento através dos Fundos Setoriais foi aberta para financiar a nanotecnologia, embora com o requisito de que os projetos incluíssem participação empresarial.

No México, o *Programa Especial de Ciência e Tecnologia 2001-2006*, que é parte do *Plano Nacional de Desenvolvimento*, mencionou, pela primeira vez em documentos oficiais, as nanotecnologias como uma área estratégica dentro dos materiais avançados. Em 2009, foi criada a Rede de Nanociências e Nanotecnologias. Mais de 50 universidades e centros de pesquisa e possivelmente cerca de 500 pesquisadores trabalham na questão. A partir de 2002, a maioria dos fundos de pesquisa passou a exigir a participação do setor empresarial; e a reforma da *Lei de Ciência e Tecnologia*, em 2009, promoveu que os centros públicos de pesquisa criassem empresas privadas como subproduto



Centro de Nanociências e Micro e Nanotecnologías. Instituto Politécnico Nacional. Qro, México.

(spin-offs), e também permitiu que os pesquisadores, mesmo aqueles dos centros públicos, ficassem com até 70% das eventuais regalias por inventos que realizassem, incentivando que os pesquisadores se transformassem em empresários.

A Colômbia colocou as nanotecnologias dentro das oito áreas estratégicas em Ciência e Tecnologia; e em 2005 ficou estabelecido o Conselho Nacional de Nanociência e Nanotecnologia, atribuído à seção colombiana do Instituto de Engenharia Elétrica e Eletrônica (IEEE). O país tem 19 grupos de pesquisa em dez universidades e uma rede de desenvolvimento de pesquisa em Nanotecnociência.

O Chile tem vários grupos de pesquisa em suas principais universidades. O Ministério de Educação, através da agência de ciência e tecnologia CONICYT, e o Ministério de Economia financiaram a pesquisa em nanotecnologia em pelo menos quatro centros.

Na Venezuela, o *Plano Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2005-2030* ressaltou a importância de desenvolver tecnologias de vanguarda, incluindo as nanotecnologias. Em 2010, foi criada a Rede Venezuelana de Nanotecnologia, reunindo os pesquisadores das principais universidades e centros de pesquisa, assim como representantes do setor produtivo e de agências governamentais.

No Peru, o *Plano Estratégico Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação para a Competitividade e o Desenvolvimento Humano* colocou as nanotecnologias como uma área estratégica para o desenvolvimento do país, e mais de quatro universidades têm grupos de pesquisa sobre o assunto.

As atividades de nanotecnologia também estão presentes nos pequenos países da região. No Uruguai, em 2010, as nanotecnologias foram incluídas como uma área transversal prioritária no *Plano Estratégico Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação*. Na República Dominicana, o *Plano Estratégico de Ciência Tecnologia e Inovação 2008-2018* incluiu as nanotecnologias como área prioritária dentro das ciências físicas. A Costa Rica tem um laboratório de nanotecnologia (Lanotec) desde 2004. Em Cuba, o Centro de Estudos Avançados dedicado às nanotecnologias e às tecnologias convergentes foi lançado em 2010. As áreas de maior desenvolvimento em Cuba estão ligadas aos materiais e às aplicações médicas e biotecnológicas. Também há pesquisas na Guatemala, El Salvador e Equador. Em seu conjunto, a região vai se incorporando, pouco a pouco, a este conhecimento de

vanguarda. O quadro a seguir mostra o ano em que as nanotecnologias passaram a ser consideradas nos planos da Ciência e Tecnologia de diferentes países.

Começo da promoção oficial da nanotecnologia nos países da América Latina

Ano	País	Instituição promotora
2000	Brasil	Ministério de Ciência e Tecnologia
2001	México	Conselho Nacional de Ciência e Tecnologia
2003	Argentina	Secretaria de Ciência e Tecnologia
2004	Colômbia	Departamento Administrativo de Ciência, Tecnologia e Inovação
2005	Costa Rica	Conselho Nacional para Investigações Científicas e Tecnológicas
2005	Guatemala	Conselho Nacional de Ciência e Tecnologia
2006	El Salvador	Conselho Nacional de Ciência e Tecnologia
2006	Peru	Conselho Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação Tecnológica
2008	Rep. Dominicana	Secretaria de Estado de Educação Superior, Ciência y Tecnologia
2009	Uruguai	Gabinete Ministerial da Inovação
2010	Panamá	Secretaria Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação

Cronologia não exaustiva dos primeiros documentos oficiais de política científica e tecnológica que incluem explicitamente a nanotecnologia como área estratégica nos países de América Latina e o Caribe

Fonte: ReLANS Janeiro 2012.

Avaliar a existência de artigos com nanotecnologia no mercado da América Latina e do Caribe não é simples. Mas no Brasil os levantamentos mostram que mais de 150 empresas pesquisam e/ou produzem com nanotecnologia. No México a lista supera as 100; e na Argentina se fala de pelo menos 24. Além disso, estão os produtos da nanotecnologia que livremente entram nos países pelo comércio exterior. Visto que em nível mundial não há regulamentação, nem obrigatoriedade para etiquetar, nem classificação especial das matérias-primas da nanotecnologia no comércio internacional, não há forma de se conhecer o que já está no mercado.

Apesar das grandes diferenças nos processos das pesquisas e também na produção de mercadorias com nanotecnologia ao longo da América Latina e o Caribe, três questões devem ser discutidas, já que são problemas que se apresentam em quase todos os países: para quem se pesquisa e produz? Por que não se qualifica a força de trabalho? E, por que não há transparência na informação?

As políticas de ciência e tecnologia da maioria dos países de América Latina são explícitas em afirmar que as nanotecnologias têm a função prioritária de promover a competitividade internacional. A busca por nichos de mercado e o foco no mercado mundial são objetivos claros e explícitos da política pública de nossos países. Existem, por certo, grupos

de pesquisa que trabalham sobre temas de impacto direto na sociedade e no meio ambiente. Há grupos de pesquisa de nanotecnologia em saúde, em remediação ambiental, em alternativas de água potável e de energias alternativas. Mas o fato de que a orientação da política esteja focada na competitividade, somada à forte pressão para que as pesquisas públicas ocorram com a participação de empresas privadas, levanta a dúvida de se o potencial impacto não terminará se reduzindo a um aumento dos lucros das empresas envolvidas. Além disso, a única forma de que uma política de ciência e tecnologia responda aos interesses mais diretos da sociedade é fazendo com que haja a participação dos sindicatos, dos grupos de consumidores, das organizações ambientalistas e de outras organizações sociais nas decisões, algo que está ausente em nossos países.

A segunda questão preocupante é que não existem programas de qualificação da força de trabalho nos diferentes níveis educacionais. O foco da política de nanotecnologia está mergulhado na ideia de centros de excelência. Supõe-se que de lá transbordarão as vantagens da inovação. Mas nenhum país avança sem apostar em todos os níveis educativos, e sem estar permanentemente dando maior qualificação para a sua força de trabalho. Existe uma forte contradição entre os processos de privatização e deterioração do ensino fundamental, médio e superior devido à ideia de desenvolver centros de excelência. Nos Estados Unidos, Japão e União Europeia é colocada a necessidade de educação em nanotecnologia no ensino fundamental e médio. Não há nada parecido na América Latina e Caribe; de maneira que a nanotecnologia que sair dos centros de excelência só poderá orientar-se ao mercado exterior e à competitividade, perdendo de vista o papel que estas tecnologias podem ter para aliviar problemas básicos da população.

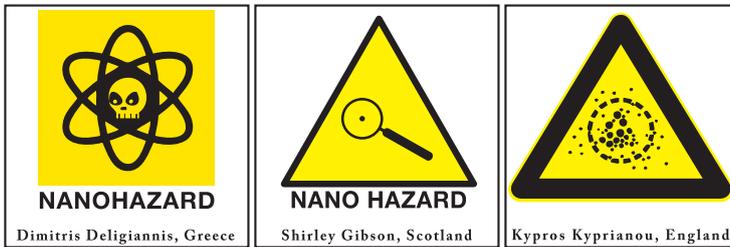


A terceira questão é a confiança do consumidor. Para que novos produtos entrem com sucesso no mercado é necessário que o consumidor conheça quais são as suas vantagens; e, também, os seus riscos. Na América Latina existem escassas pesquisas sobre os riscos possíveis das nanotecnologias à saúde e ao meio ambiente. E o financiamento para estes problemas é insignificante ou inexistente. Entretanto, há uma enorme variedade de livros e artigos científicos, bem como bases de dados em nível mundial que falam dos riscos destas novas tecnologias. A política tem sido, até o presente, a de ocultar este tipo de informação com o propósito de não assustar os negócios. Mas não é ocultando que se acaba com o problema, e menos ainda como forma de conseguir o apoio do consumidor. É necessária uma política transparente. É necessário financiar pesquisas independentes sobre riscos (não com a participação da empresa privada nestas questões!). A empresa privada e alguns governos saíram do problema emitindo Códigos Voluntários de Conduta, para ganhar a confiança do consumidor. Mas o público deve consumir baseado em certezas e regulamentações oficiais, e não em declarações de princípios de quem produza os produtos das nanotecnologias. É necessário que haja mais políticas de difusão e participação pública, em especial dentro dos grupos organizados como, por exemplo, nos sindicatos e nas organizações não governamentais.

Em resumo, as políticas de nanotecnologia não contemplaram nem a participação de organizações sociais e sindicatos na elaboração de políticas e de prioridades nacionais, nem a necessidade de integrar a qualificação da força de trabalho como um aspecto da mudança tecnológica. Isto deixa de lado, como força de apoio ativo, a classe operária. Tampouco se deu importância aos potenciais riscos que as nanotecnologias oferecem à saúde e ao meio ambiente, deixando que o consumidor, como setor fundamental do desenvolvimento, fique por fora. Timidamente, alguns países da região começam a considerar estes aspectos, mas como resultado do movimento internacional e num processo a conta-gotas.

4. Riscos das nanotecnologias para a saúde e o meio ambiente

Toda nova tecnologia supõe riscos. As nanotecnologias não são exceção. O tamanho das nanopartículas desperta suspeitas de seus possíveis riscos à saúde humana; já que partículas de tamanho semelhante, que são subproduto de processos produtivos, como a fumaça da combustão dos motores ou o amianto, podem provocar câncer. Quando, há dez anos, as organizações não governamentais e outros setores sociais perguntavam a políticos e cientistas sobre os riscos das nanotecnologias, a resposta era que não se sabia, que era muito cedo para avaliar os riscos, que riscos não havia. Assim foi durante a primeira década deste século XXI. Apesar de declararem não saber de riscos, não por isso limitaram a introdução no mercado de produtos da nanotecnologia; pelo contrário, todas as políticas se orientavam a acelerar a penetração no mercado, contra a abordagem precatória que muitas organizações sociais defendiam.



Vencedores do concurso do símbolo para Nano-Risco, chamado pelo Grupo ETC durante o Foro Social Mundial em Nairobi, Kenya, 2007

Há mais de dez anos da Iniciativa Nacional de Nanotecnologia dos Estados Unidos, e de outras iniciativas em muitos outros países do mundo desenvolvido, já não se pode dizer que não se conhecem os riscos, ou que é muito cedo para se fazer uma avaliação, ou que não há riscos. Existem vários bancos de dados que classificam artigos científicos sobre os riscos à saúde, e também ao meio ambiente, de nanopartículas comumente utilizadas nos processos nanotecnológicos. É claro que a maioria destas pesquisas não foram realizadas em seres

humanos, mas in vitro e em outros seres vivos. Mas seus resultados são indicativos de que o princípio da precaução dever-se-ia impor na regulamentação. O princípio da precaução diz: “Quando alguma atividade ameaça a saúde humana ou o ambiente, devem ser tomadas medidas de precaução, inclusive quando a relação causa-efeito não estiver totalmente estabelecida de maneira científica”. Este princípio é o oposto ao que ocorre hoje em dia. O que ocorre é que os produtos vão ao mercado e, se depois for comprovado que existem riscos, então talvez sejam retirados do mercado. O princípio da precaução exige que primeiro sejam feitos os estudos científicos, já que existem indicadores suficientes para supor que vários produtos da nanotecnologia implicam riscos à saúde e ao meio ambiente. O princípio de precaução implica grandes custos. Mas, não seria mais caro repetir a experiência do amianto, presente no mercado durante mais de cem anos, apesar de, desde meados dos anos trinta do século XX, já se saber que provocava câncer? Na América Latina e Caribe só meia dúzia de países proibiu o amianto; Brasil continua produzindo. Segundo a Organização Mundial da Saúde, cerca de 90.000 trabalhadores morrem de câncer por exposição ao amianto. Inclusive os consumidores passivos, por exemplo os habitantes de casas com tetos de amianto, também contraem câncer. Os nanotubos de carbono se assemelham às partículas do amianto e se comportam de forma muito similar nos pulmões. São várias as pesquisas sobre o risco dos nanotubos de carbono, um dos produtos mais utilizados e versáteis da nanotecnologia. Outro fator preocupante da situação das nanotecnologias é o reconhecimento, por parte dos especialistas, de não saber se as medidas de segurança que atualmente se aplicam à produção de substâncias químicas são válidas para os nanomateriais.

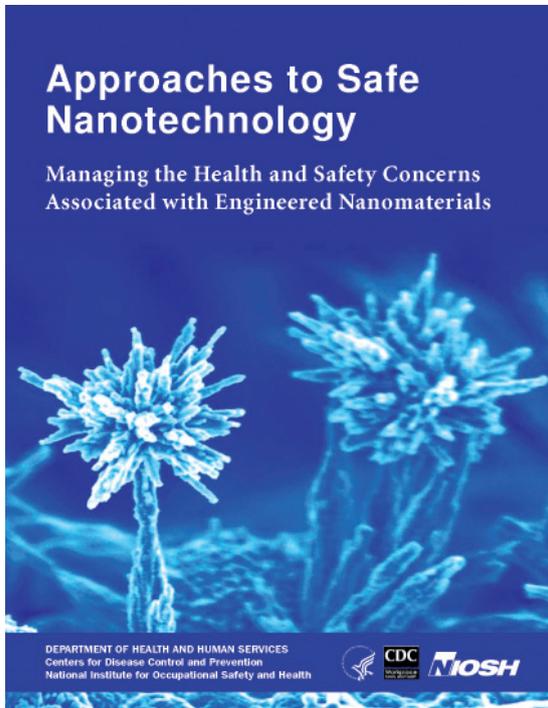
O International Council on Nanotechnology, uma instituição da Universidade de Rice (Estados Unidos) que pesquisa os riscos dos nanomateriais, tem um banco de informação a este respeito. De 2000 a 2010, este banco de dados registrou um aumento importante de artigos publicados em revistas científicas, dedicados a analisar os potenciais riscos dos nanomateriais à saúde humana e/ou ao meio

ambiente. Em 2010 os artigos científicos publicados chegaram a 563.¹ Por sua parte, a NanoCeo (Nanotechnology Citizen Engagement Organization) elabora um banco de dados que permite classificar os artigos científicos sobre riscos dos nanomateriais segundo o tipo de material nanomanufaturado. Entre o ano 2000 e finais de 2010 foram somados 176 artigos sobre riscos dos nanotubos de carbono, 190 sobre riscos da nanoplata e 70 sobre riscos do dióxido de titânio nanomanufaturado, entre outros materiais classificados² A acumulação de informação científica já não permite ignorar a dúvida razoável de que várias nanopartículas sejam tóxicas para a saúde humana e ao meio ambiente. O panorama é muito complicado. Há nanopartículas de muito diferentes materiais, combinadas de diferentes formas e que expõem os seres vivos de variadas maneiras.

Nos meios de comunicação a informação sobre as nanotecnologias é basicamente promissora. Fala-se da possibilidade de utilizar nanotubos de carbono ou buckyballs de carbono para fixá-los às células cancerígenas e matá-las uma a uma e sem efeitos colaterais, com o qual o câncer se transformaria em uma doença plenamente tratável. Mas Polland e colaboradores, em 2008, descobriram que os nanotubos de carbono são reconhecidos na cavidade abdominal dos ratos como se fossem fibras de amianto, produzindo câncer. Takagi e colaboradores (2008) também mostram que os nanotubos de carbono produzem mesotelioma em ratos. Inclusive os nanotubos de carbono de uma parede, que são muito mais perfeitos, homogêneos e puros que os de múltiplas paredes, já demonstraram sua toxicidade, inclusive Chou e colaboradores já mostraram que produzem granulomas nos pulmões dos ratos pesquisados. Inclusive protozoários que ingerem nanotubos de carbono se veem limitados em sua mobilidade, morrem ou se amontoam, como escrito por Ghafari e seus colaboradores em 2008. Em 2009, Nygaard e seus colaboradores publicaram um artigo onde mostram que à medida que diminui o tamanho dos nanotubos de carbono, de nanopartículas de carbono negro e outros materiais, aumentam as respostas alérgicas.

¹ Elaboração própria a partir do banco de dados do ICON (<http://icon.rice.edu/>) combinando os seguintes nanomateriais: [Carbon or Metal or Organic/Polymers or Semiconductor or Oxide or Multiple or Other/Unspecified] + Hazard para os seguintes grupos [Industrial/Research Worker or Consumers or Geral Population or Ecosystem or Other/Unspecified] + Peer Reviewed Journal Article + Engineered

² Base de dados de NanoCeo (Nanotechnology Citizen Engagement Organization - www.nanoceo.net/nanorisks).



A estas críticas os cientistas respondem afirmando que os nanotubos vão incorporados a uma matriz, vão amarrados, e não soltos como afirmam os estudos de toxicologia, e essa amarração faz com que a possibilidade de que sejam inalados, por exemplo, se reduza radicalmente. Ainda que isto seja verdade, o fato é que os nanotubos são utilizados em muitas indústrias. Baterias de celulares podem conter nanotubos de carbono da mesma forma que em alguns tecidos esportivos. E, nestes casos, nunca se sabe onde termina o ciclo de vida dos produtos, e o que acontece uma vez que se convertem em desperdício. Dado que os nanotubos de carbono não se desintegram abaixo dos 850 graus centígrados, a queima de lixo com têxteis, baterias, ou outros produtos que contenham nanotubos de carbono poderia separá-los de sua matriz possibilitando que sejam inalados ou introduzidos na cadeia trófica. Mas também podem desprender-se dos têxteis quando as vestimentas que os suportam forem usadas, e isto pode implicar o contato e penetração direta com a pele. Estas possibilidades foram analisadas por Köhler e colaboradores em 2008. Por sua parte, Roberts e colegas, em 2007, afirmaram que os nanotubos de carbono que se misturam com os lípidos são digeridos pelas pulgas de água e seu trato

digestivo se vê bloqueado e morrem. Leroueil e colaboradores, em 2008, mostraram que várias nanopartículas orgânicas e inorgânicas produzem desequilíbrios. O dióxido de titânio, um dos cavalos de batalha, junto com o óxido de zinco, da indústria cosmética, acabou por fazer com que os peixes perdessem sua noção de sentido e por lhes machucar as brânquias, segundo pesquisas feitas por Federici e seus colaboradores em 2007. E também, Takeda e seus colaboradores demonstraram, em 2009, que o dióxido de titânio produz danos intergeracionais: as nanopartículas, que a ratazana mãe recebe, atravessam livremente a barreira mãe-feto, penetram os embriões e produzem nos embriões machos uma redução na produção de esperma. Também em relação a efeitos sobre o material genético, Yang e seus colaboradores, em 2009 escreviam que nanopartículas de prata podem interagir com o material genético modificando-o e afetando a replicabilidade do mesmo. Além disso, Tinkle e seus colaboradores já em 2003 haviam escrito sobre a penetração direta na pele de partículas de 1000 nanômetros de zinco e dióxido de titânio, ou seja, tamanhos muito maiores às nanopartículas que aparecem nos cosméticos hoje em dia. Em 2009, Sharma e seus colaboradores também informaram que as nanopartículas de óxido de zinco, amplamente usadas como bloqueador solar em cosméticos, produzem, em concentrações ainda menores que as que normalmente se utilizam nos cosméticos, danos no DNA das células humanas epidérmicas em que foram provadas, e também produzem stress oxidante que é responsável pela produção de radicais livres implicados no câncer de pele. Também sobre o óxido de zinco, Deng e colaboradores afirmam que as nanopartículas deste metal danificaram e mataram células tronco do cérebro de seus ratos de laboratório. É sabido, além disso, que as nanopartículas podem atravessar células, viajar pelo sistema sanguíneo e linfático, e inclusive entrar no cérebro pelos nervos olfativos, como demonstrado por Oberdorster e seus colegas em 2005.

FOOD INGREDIENTS

NUTRACEUTICAL INGREDIENTS

**NutraLease™**www.nutralease.com

*PLT é o agente exclusivo da fascinante tecnologia de nano encapsulado NutraLease™ para o funcional mercado de alimentos. NutraLease™ é um sistema de entrega para aplicações em alimentos e bebidas.
www.pithomas.com&PLTbrando&NutraLease2htm. Página visitada em janeiro de 2007.*

O problema da toxicidade não se reduz à saúde humana, também afeta o meio ambiente, onde a acumulação de nanopartículas pode causar estragos nos ecossistemas e nas cadeias tróficas, o que obriga a uma análise do ciclo de vida das nanopartículas.

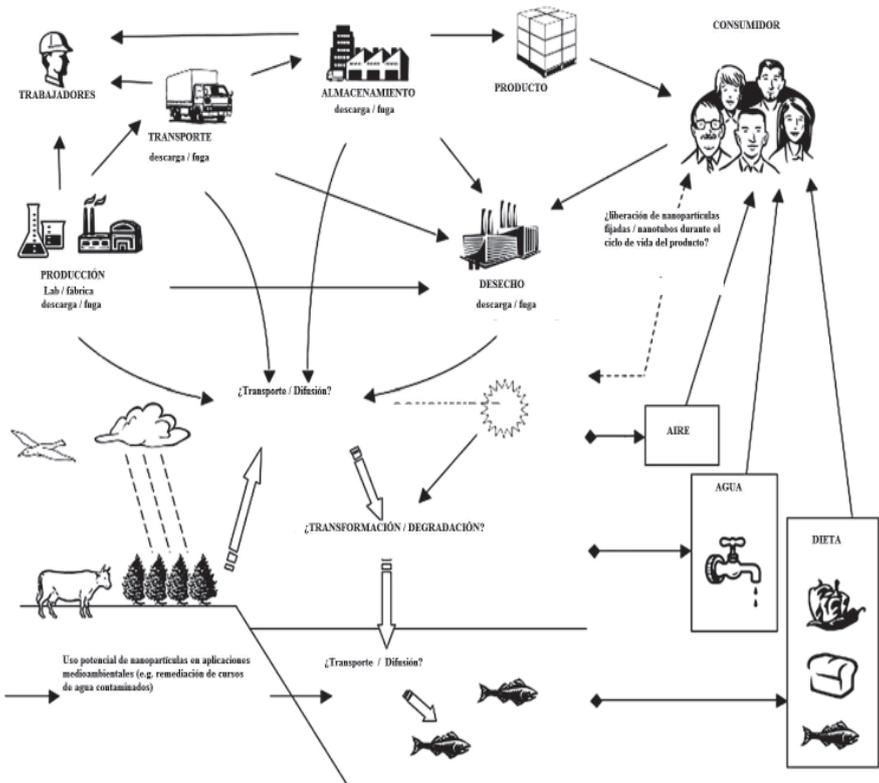
Argumenta-se que a toxicidade, que pode ser demonstrada *in vitro*, não ocorre quando as mesmas nanopartículas estiverem incorporadas a produtos de consumo final. Com relação a isto, é importante distinguir as nanopartículas que estão dissolvidas em líquidos, das que estão em sólidos e daquelas incorporadas a matrizes. O Instituto Nacional para a Saúde e Segurança Ocupacional (NIOSH) dos Estados Unidos reconhece que os maiores riscos das nanopartículas ocorrem quando elas estão no pó em estado sólido, dispersas ou aglomeradas na poeira, por exemplo em cosméticos. Em um segundo nível de risco estão as suspensas em líquidos, como os nanotubos em água. Em um terceiro nível estão as fixas em matrizes, como as películas finas. As que, por último, ofereceriam menor risco são as incorporadas em nanoestruturas, como ligas em metais.

Esta escala de risco se associa, também, às diferentes maneiras em que as nanopartículas podem entrar no organismo e interagir com este. Em termos gerais, as principais vias de entrada potencial de nanopartículas no organismo são a inalação, a ingestão e a penetração através da pele. Quando são produtos médicos com nanopartículas, também podem ingressar no organismo via injeção ou pelo desprendimento de nanopartículas utilizadas em implantes. Certamente, também é necessário levar em consideração o caso de acidentes, como incêndios ou explosões, que podem estender os riscos das nanopartículas a pessoas sem proteção.

5. Exposición de trabajadores e consumidores às nanopartículas manufacturadas

O relatório da Royal Society sobre as Nanociências e Nanotecnologias, de 2004, já mostrava preocupação com relação às nanopartículas manufacturadas e seus potenciais riscos à saúde e ao meio ambiente. No próximo desenho presente no relatório, podemos ver as rotas de potencial interação com a população e o meio ambiente:

Principais rotas de exposição às nanopartículas



Nota: algunas potenciales rutas de exposición a nanopartículas 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, pesquisador do NIOSH, e seus colaboradores elaboraram o seguinte diagrama para o risco de exposição às nanopartículas no local de trabalho.

Locais de trabalho com potencial exposição a nanopartículas manufaturadas.

PESQUISA

Desenvolvimento do conceito
 Desenho da molécula/partícula
 Identificação do mercado/aplicações

Laboratório de descobrimento

← Matéria prima e intermediária
 → Resíduo

- Produção de quantidades para pesquisa: mg a gramas
 - Otimização de rendimento, prova de materiais
- Grupos expostos: pesquisadores, técnicos, pessoal de manutenção e manejo de resíduos*

Laboratório de ampliação de escala

← Matéria prima e intermediária
 → Resíduo

- Produção de lotes em quantidade: kg
 - Prova do material
 - Desenvolvimento de conceitos e clientes
- Grupos expostos: Pesquisadores, técnicos, pessoal de manutenção, de manejo de resíduos e transportes*

Manejo interno e armazenamento → transporte

Desenvolvimento de processos

← Matéria prima e intermediária
 → Resíduo

- Otimização do processo de desenho
 - Condução da ampliação de escala
 - Prova de produto em quantidade: kg a centenas de kg
- Grupos expostos: pesquisadores e práticos, técnicos, pessoal de prova, manutenção, manejo de resíduos e transporte*

Armazenamento interno e externo → transporte

Desenvolvimento de produtos

← Matéria prima e intermediária
 → Resíduo

- Prova de quantidade de mercado: centenas de kg
 - Ampliação das aplicações para o consumo
 - Otimização de processos e do fluxo material: "fazer, empacotar, transportar"
- Grupos expostos: pesquisadores e práticos, técnicos, pessoal de processo e manutenção de instalações, armazenamento, transporte e manejo de resíduos*

Material produzido → Empacotamento → transporte → Prova de mercado
 Provas experimentais
 Desenvolvimento de aplicações

Operação & Produção contínua

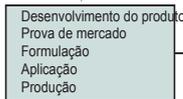
← Matéria prima e intermediária
 → Resíduo

Grupos expostos: técnicos de produção, pessoal de Pesquisa e Desenvolvimento, de processos e manutenção de instalações, armazenamento e transporte

Fazer / empacotar → Armazenar → Transportar

Cliente secundário
 Cria ou incorpora nano no produto final

Cliente principal
 Aplicação direta ao usuário final
Grupos expostos: usuário final, pessoal auxiliar, de manutenção e manejo de resíduos



→ Produção de resíduos
 → Disposição, reciclagem, destino ambiental

Nota: a figura ilustra o ciclo de vida dos nanomateriais desde o laboratório de pesquisa e desenvolvimento e através da evolução do produto, uso e disposição final. Cada etapa do ciclo representa possibilidades de exposição potencial dos trabalhadores a nanopartículas
 Fonte: Schulte, et al, 2008.

O diagrama se centra no risco de exposição no trabalho. Por esta razão não aparecem os riscos ao meio ambiente e nem os riscos aos consumidores, mas dando prosseguimento a cada etapa é fácil inferir tais riscos. Assim, por exemplo, todas as etapas mostram, na seção da direita, que existem resíduos e estes podem afetar o meio ambiente se não existirem mecanismos adequados para evitá-los.

O diagrama também mostra que, para cada etapa, existem pessoas sujeitas a maior e menor exposição e risco. Na etapa de pesquisa, por exemplo, os próprios pesquisadores estão sujeito a riscos; mas os autores advertem que também estão os trabalhadores de serviço de manutenção dos laboratórios, e possivelmente também aqueles(as) responsáveis por manipular os resíduos.

A segunda etapa que se ilustra no diagrama é a de desenvolvimento ou produção de matérias-primas em grande escala. Aqui os diretamente envolvidos são os pesquisadores, técnicos e operários das empresas, assim como os responsáveis por armazenar o produto e os transportadores que levam a nano-matéria-prima às indústrias que dela precisam.

Depois, vem a etapa da produção e manufatura de produtos intermediários e finais. Aqui as nanopartículas são incorporadas a variados processos industriais, com o fim de conceder aos produtos uma vantagem comercial ou de utilidade. Além dos sujeitos de risco das etapas anteriores, surgem os dos diversos setores de operários e o pessoal administrativo e de serviços.

O consumidor final também está sujeito ao risco em diferentes medidas, dependendo do tipo de produto e forma de exposição.

Deve ficar claro que a conexão entre a exposição às nanopartículas e o risco para a saúde está mediada por múltiplos fatores, não somente os que são intrínsecos aos próprios nanomateriais e grau de exposição dos trabalhadores, como também, e de forma muito importante, pelas condições de infraestrutura, equipamento de supervisão, instrumentos e vestimenta de proteção, e pelos meios de prevenção àquelas exposições.

São os trabalhadores que estão expostos em primeira instância ao potencial risco das nanopartículas. Os trabalhadores que fabricam nanopartículas, ou os trabalhadores de uma indústria têxtil ou de outro setor que incorporam nanopartículas a seus tecidos ou produto final, estão expostos às nanopartículas livres, ainda não associadas de maneira físico-química ao produto final e, portanto, seu grau de exposição é maior que

o do consumidor final. Existem, entretanto, casos em que o consumidor final pode estar diretamente exposto, como ocorre com os cosméticos onde as nanopartículas podem introduzir-se com maior facilidade no organismo. Outro exemplo é o caso dos trabalhadores agrícolas que manipulam pesticidas e outras substâncias químicas diretamente, e onde um mínimo descuido implica o contato direto da pele com o produto que contém as nanopartículas, ou a inalação de vapores ou outras formas de exposição às nanopartículas.

6. Implicações das nanotecnologias para o emprego

A questão do emprego ainda não está presente nas agendas de pesquisa sobre as implicações sociais das nanotecnologias. Apesar de, hoje em dia, serem poucos os produtos, as indústrias e os trabalhadores relacionados às nanotecnologias, é claro que são tecnologias de ponta, altamente sofisticadas e que aprofundam a tendência à miniaturização e automatização dos processos de produção e dos serviços, tendência com a qual começou a revolução da microeletrônica e que teve como resultado uma grande redução do emprego em muitos setores da economia.



Os produtos da nanotecnologia que já estão no mercado nos permitem identificar três características comuns: o mesmo produto tende a cumprir funções para as quais antes se requeria mais de um produto (ou seja, são multifuncionais); o produto tem uma vida útil mais prolongada; e, utilizam menos matéria-prima. Alguns produtos combinam duas ou três destas características. Tomado em seu conjunto, isto significa que a manufatura destes produtos requererá menos emprego. Além disso, estas inovações reduzem a demanda de produtos tradicionais que competem com eles.

O aspecto multifuncional pode ser visualizado na indústria alimentícia. As companhias adicionam vitaminas, colágeno, foto-extratos e outras substâncias nanoencapsuladas aos alimentos e às bebidas. George Weston Foods adiciona ácidos grassos Omega-3 a uma

das marcas mais populares de pão branco na Austrália; a Qinghuangdao Ialji Ring Nano-Product Co. Ltd. enriquece seu nano-chá com selênio. São exemplos de nutracêuticos, ou produtos que simultaneamente cumprem funções de alimento, estéticas e medicinais; funções antes oferecidas por diferentes produtos. CHT Brasil Quimica produce Nouwell E, uma fibra têxtil que desenvolve funções cosméticas transferindo vitamina E à pele e desprendendo perfume. A camisa Life Shirt, por exemplo, monitora a atividade respiratória, cardíaca, mudanças de postura e outras funções, armazenando esta informação em um computador portátil.

Os produtos multifuncionais demonstram uma tendência à união de ramos produtivos, que leva a reconfigurar os setores industriais atuais e a distribuição do emprego. É provável que haja menos trabalhos disponíveis e uma demanda de habilidades mais ampla e menos específica. O acúmulo de funções também leva à centralização do transporte, da distribuição, do marketing e da comercialização, que possivelmente resulte em menos empregos nestes campos.

Muitos produtos da nanotecnologia estão dirigidos para serem mais duráveis no mercado. A EMBRAPA desenvolve películas digestíveis com nanopartículas para cobrir as nozes de macadâmia, de maneira a bloquear a entrada de oxigênio e vapor de água, fazendo com que a noz dure mais. Miller Brewing usa garrafas de um plástico que incorpora nanopartículas de cerâmica, para estabelecer uma barreira entre as moléculas de dióxido de carbono que tratam de escapar do recipiente e as moléculas de oxigênio que tentam entrar, mantendo a cerveja fresca e dando-lhe uma vida nas prateleiras dos supermercados de até 6 meses. Cientistas de companhias como Kraft, Bayer e Kodak estão desenvolvendo uma variedade de materiais de empacotamento que absorvem oxigênio, detectam patógenos nos alimentos e alertam ao consumidor quando o alimento está descomposto.

Usando nanotecnologia as empresas poderão produzir produtos que têm uma vida útil mais prolongada nos supermercados. Isto será bom para as companhias porque reduzirá o desperdício e o lixo. Mas as atividades de transporte, armazenamento, supervisão da qualidade dos produtos, manutenção em prateleiras e outras funções se verão reduzidas. Assim haverá menos empregos, como resultado da eficiência. Que estudos de políticas públicas paliativas estão pensando os governos? Nenhum.

Outros produtos exploram as vantagens dos novos materiais produzidos pela nanotecnologia para substituir matérias-primas. Adidas usa nanotubos de carbono para produzir os tênis de correr com solados mais leves. Easton Sport usa nanotubos de carbono para produzir quadros de bicicleta. Elko's Invisicon utiliza as propriedades condutivas dos nanotubos de carbono na manufatura de capas transparentes para telas planas de luz OLED e para células solares. Os nanotubos também podem substituir os fios de cobre que transmitem eletricidade, modificando todo o comércio mundial. Braskem, produz uma resina de polipropileno, adicionada com cerâmica em tamanho nanométrico, que substitui metais e outros plásticos nas indústrias de automóveis e de aparelhos domésticos.

Estas mudanças nos materiais alterarão a distribuição do emprego entre os diferentes setores. Visto que a exploração das matérias primas está estreitamente relacionada às características geográficas, tanto em nível nacional como internacional, as mudanças na demanda levarão a uma nova distribuição regional e internacional do trabalho.

7. O SAICM e as recomendações dos países de América Latina e Caribe

O “Enfoque Estratégico para a gestão dos produtos químicos a nível internacional”, mais conhecido como SAICM (Strategic Approach to International Chemicals Management) é um convênio voluntário, aprovado em Dubai, Emirados Árabes Unidos em fevereiro de 2006, pela Conferência Internacional sobre Gestão dos Produtos Químicos. Este enfoque estratégico está formalizado por uma Declaração Política de Alto Nível, uma Estratégia de Política Global e um Plano Mundial de Ação, que em seu conjunto constitui um âmbito normativo para conseguir um objetivo global: *que as substâncias químicas sejam produzidas e usadas de modo que os impactos se reduzam significativamente sobre o ambiente e a saúde.* O SAICM é administrado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e, junto com a Organização Mundial da Saúde (OMS), compartilha as funções de direção na Secretaria deste convênio.

O SAICM é o único espaço multilateral internacional onde se discute e acordam por consenso medidas voluntárias sobre a gestão dos produtos químicos ao longo de seu ciclo de vida, incluindo os aspectos de saúde ocupacional, de saúde pública e ambiental; e onde participam tanto os países mais industrializados, como os chamados países em desenvolvimento e os países com economias em transição, assim como os grupos da sociedade civil de interesse público e a indústria. Apesar de não ser um convênio legalmente obrigatório, cada país membro tem o compromisso de desenvolver um plano nacional de aplicação com atividades específicas baseadas em um Plano Mundial de Ação.

A segunda Conferência Internacional sobre Gestão de Produtos Químicos (ICCM, em sua sigla em inglês), realizada em Genebra em 2009, onde participaram governos e organizações não governamentais, reconheceu e decidiu (Resolução II-4-E) que a nanotecnologia e os nanomateriais manufaturados são uma nova questão emergente que deve ser normatizada no âmbito do SAICM. Destaca, em tal resolução, uma licitação para a concessão de assistência aos países em desenvolvimento

e com economias em transição a fim de que possam aumentar sua capacidade e maximizar os benefícios, reduzindo ao mínimo os possíveis riscos da nanotecnologia e nanomateriais manufaturados. Além disso, pede aos governos e indústria que mantenham um diálogo com os trabalhadores e seus representantes no incentivo às medidas apropriadas para proteger a saúde e o meio ambiente, entre outras (medidas), e que seja mantido um diálogo público com todos os setores interessados.

Neste contexto, foram criadas oficinas regionais sobre nanotecnologia e nanomateriais na África, América Latina e Ásia, organizadas pelo Instituto das Nações Unidas para a Formação Profissional e a Pesquisa (UNITAR) e a Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE). Na América Latina e Caribe, tais oficinas ocorreram junto com as reuniões de consulta regional sobre os avanços na aplicação do SAICM em Kingston, Jamaica, de 8 a 12 de março de 2010, e na cidade do Panamá, de 2 a 3 de junho de 2011. Nestas reuniões de consulta regional foram aprovadas uma série de recomendações para orientar a política em torno das nanotecnologias e os materiais manufaturados, e na reunião do Panamá se discutiram as possíveis medidas de cooperação e ações específicas que deveriam ser incorporadas dentro do Plano de Ação Mundial do SAICM, tendo como base uma proposta elaborada pelo Governo Suíço.

A seguir, resumimos em grandes tópicos, mas não exaustivamente, a longa lista de propostas que foram incluídas nas resoluções de tais consultas regionais dos países da América Latina e Caribe (GRULAC) com alguns comentários adicionais.

- Aplicar o ***enfoque da precaução*** durante todo o ciclo de vida dos nanomateriais nanomanufaturados. A resolução do GRULAC, adotada no Panamá, recomenda o *“desenvolvimento de um marco regulatório baseado em um enfoque de precaução em relação à saúde pública, à saúde ocupacional e ao meio ambiente, ao longo do ciclo de vida dos nanomateriais manufaturados.* Haveria que recordar que a aplicação de um critério ou enfoque de precaução faz parte do Princípio 15 da Declaração do Rio sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, de 1992, assinada por todos os países. Além de que a aplicação do **princípio de precaução** *como princípio geral na gestão de riscos* foi uma recomendação aprovada por unanimidade por governos, indústria e outros grupos não governamentais

na declaração sobre nanotecnologia e nanomateriais do Fórum Intergovernamental de Segurança Química (IFCS em inglês) realizado em Dakar, Senegal em setembro do 2008; infelizmente, na posterior conferência ICCM2, realizada em Genebra em 2009, a pressão dos países desenvolvidos e da indústria conseguiram que este princípio não fosse invocado. Portanto, deveria ser incluído no design de uma política nacional sobre nanotecnologia.

- **Transparência e direito à informação para os trabalhadores e consumidores.** Exigir que os produtores divulguem, por meio de registros e de rótulos nos produtos (GRULAC Kingston resolução “b”; GRULAC Panamá), aquelas informações pertinentes sobre o conteúdo dos nanomateriais manufaturados, a fim de que as autoridades e os consumidores estejam cientes dos riscos potenciais da nanotecnologia. A etiquetagem obrigatória dos produtos com nanomateriais permitirá que o consumidor possa escolher livremente; assim como a informação proporcionada pelos produtores aos sindicatos é um direito estabelecido no Convênio 154 sobre Negociação Coletiva da Organização Internacional do Trabalho, e assinado por vários países da América Latina e Caribe, estando incluído no Código do Trabalho de muitos países. Também se recomendou a necessidade de um registro público nacional de nanomateriais manufaturados produzidos e importados, com suas características e volumes produzidos. Os países do GRULAC apoiaram a proposta do Governo Suíço para desenvolver critérios para incorporar a segurança dos nanomateriais no Sistema Mundial Harmonizado de Classificação e Etiquetagem de Substâncias Químicas (GHS em sua sigla em inglês) como uma atividade nova no Plano Mundial de SAICM.
- A aplicação da **responsabilidade ampliada do produtor** através de todo o ciclo de vida dos nanomateriais manufaturados. Isto quer dizer que o produtor se fará responsável não só pela produção, como também durante o transporte e até de quando o nanomaterial manufaturado se converter em um resíduo, deixando com isso de transferir –como o faz agora- a responsabilidade ao consumidor ou aos governos. Esta proposta está incluída no anteprojeto do Plano Mundial de Ação do Governo Suíço e foi apoiada pelo GRULAC no Panamá.

- Fortalecer o desenvolvimento de capacidades para *avaliar de maneira eficaz os riscos potenciais dos nanomateriais manufaturados, especialmente para os grupos vulneráveis, como as crianças, as mulheres gestantes e as pessoas da terceira idade* (Recomendação GRULAC Panamá). Haveria que incluir o fato de que estas avaliações deveriam ser realizadas através de ***instituições nacionais e regionais que façam as avaliações de forma independente*** da indústria.
- Incorporar a ***participação multissetorial, particularmente dos trabalhadores e do setor saúde***, na elaboração de políticas, programas e materiais de capacitação sobre nanotecnologias e nanomateriais manufaturados com relação à saúde ocupacional, à segurança e ao meio ambiente, (GRULAC resoluções “e” e “g” de Kingston e resolução de Panamá). Deveria ser incluída, ainda que não apareça nas resoluções do GRULAC, a participação dos trabalhadores, consumidores e de outros grupos de interesse público na elaboração das políticas de ciência e tecnologia, para garantir uma orientação das nanotecnologias para a satisfação de necessidades sociais, uma capacitação da força de trabalho, e políticas compensatórias frente ao potencial desemprego tecnológico.
- Estabelecer ***regulamentações de comércio exterior***. Particularmente, se recomenda o *desenvolvimento de códigos aduaneiros específicos para os nanomateriais manufaturados*. É também preciso *exigir que os resíduos que contenham nanomateriais manufaturados não sejam transferidos aos países que não estejam capacitados para manejá-los de forma adequada, e afirma que se deve reconhecer o direito dos países a aceitar ou rechaçar a importação e o uso de nanomateriais manufaturados e de produtos que o contenham, a fim de reduzir ao mínimo seus riscos*. E também é colocada a necessidade de regular o transporte dos materiais nanomanufaturados com base em critérios de segurança (Recomendações do GRULAC no Panamá).

Em relação à maioria destas propostas, houve oposição da indústria química e de alguns países industrializados, principalmente os Estados Unidos, Canadá, Japão e Austrália durante as negociações do chamado Grupo de Trabalho de Composição Aberta da Conferência Internacional de Gestão de Substâncias Químicas (ICCM) que se reuniu, de 15 a 18 de novembro de 2011, em Belgrado, Sérvia. Por

isso, é importante que as organizações da sociedade civil exijam dos governos da América Latina e Caribe serem consultadas. Também é importante que, nas negociações finais sobre as recomendações com respeito à nanotecnologia e às ações que serão incluídas no Plano Mundial de Ação do SAICM, os interesses gerais estejam acima dos interesses comerciais. Ações estas que deverão ser aprovadas na terceira conferência da ICCM, a ser realizada de 17 a 21 de setembro de 2012, na sede do PNUMA, em Nairóbi, Quênia. E finalmente, que os países da América Latina e Caribe renovem estas demandas junto com outros grupos regionais afins, como o grupo da África, visando a cumprir com o objetivo geral estratégico do SAICM, que é o de reduzir de modo significativo os riscos na produção e no manuseio de nanomateriais e produtos nanomanufaturados, respondendo, portanto, às necessidades sociais reais de nossos 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_Junio_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*. Apresentação 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.
- Incrementtha PD&I (2007). Incrementtha 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/sociologiytecnociencia/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.foeurope.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 supervisión de las nanotecnologías y nanomateriales. NanoAction. A Project of the International Center for Technology Assessment. 2007. www.nanoaction.org/nanoaction/page.cfm?id=223
- Nanoco (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.oeci.es/observatorioicts/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&cbd=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 periodo de sesiones. Conferencia Internacional sobre Gestión de los Productos Químicos. Segundo periodo 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 management 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 International 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; Cen chao Shen; Qiaoli Ji; Hongjie An; Jinju Wang; 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.

