

La gran revolución de lo pequeño: nanotecnologías y prevención de riesgos laborales*

Jordi Díaz^a

doi: 10.12961/aprl.2015.18.2.01

Las TICs (Tecnologías de la Información y Comunicaciones) revolucionaron el procesamiento, almacenamiento y transmisión de información, distanciando el mundo virtual de la realidad material. Las biotecnologías modificaron los organismos vivos, ajustándolos para funciones específicas y confundiendo la tradicional diferencia entre artificial y natural. Las nanotecnologías, que conforman la nueva revolución tecnológica en curso, alteran las conocidas propiedades físico-químicas de los materiales; no se circunscriben a la información, ni a los organismos vivos, sino que afectan a la materia en términos generales, siendo la revolución tecnológica de más amplio espectro que se ha conocido.

A pesar de que todavía no hay una definición internacionalmente aceptada de qué son las nanotecnologías, dos características son recurrentes. Por un lado el tamaño: se manipula materia a escala de entre 1 a 100 nanómetros –tamaño de las moléculas y los átomos. Por otro lado las propiedades: la materia en tal escala manifiesta propiedades físico-químicas diferentes respecto a las observadas en la escala macro. También hemos de tener en cuenta otros aspectos para su definición ¿Qué porcentaje de nanopartículas (NPs) debe tener el material para ser considerado producto de las nanotecnologías? ¿deben considerarse sólo las NPs manufacturadas ex-profeso, o también las naturalmente producidas y las que, siendo resultado de la producción humana son consecuencia involuntaria de procesos productivos? La definición de la Unión Europea¹, por ejemplo, habla de nanomaterial cuando existe una proporción de 50% o más de nanopartículas entre 1 y 100 nm.

Otro de los aspectos más característicos de los nanomateriales es su elevada área superficial, las propiedades fundamentales de los materiales siguen siendo las mismas, pero la medida, forma y área superficial alteran alguna función relacionada con la solubilidad, el potencial químico o la adsorción. Las reacciones en la interfaz pueden hacer aumentar

el pH de las partículas. El cambio total depende de la medida de partícula y el tiempo de exposición; esto puede alterar la reactividad en el medio ambiente de las partículas pequeñas en comparación con las partículas grandes.

Por regla general, si incorporamos los materiales en la nano-escala en algunos de los procesos industriales tradicionales, las nanopartículas modifican las propiedades de los productos en la escala macro, convirtiéndose, por tanto, en nuevos productos, si no en su apariencia, sí en su función y desempeño. Así, obtenemos textiles que no se arrugan, no se mojan y no se manchan, vidrios auto-limpiantes, sensores más pequeños y sofisticados, nuevos tratamientos para el cáncer, teléfonos móviles flexibles, llantas con una vida útil prolongada, nano-encapsulamiento de fármacos, fertilizantes o pesticidas y muchos otros productos que ya están en el mercado^{2,3} y que no se distinguen de los convencionales a simple vista, pero que son indudablemente diferentes. En muchos casos no sólo los productos finales son semejantes a los convencionales, sino que los materiales incorporados en tamaño nano también lo son, como es el caso de los filtros solares que utilizan dióxido de titanio u óxido de zinc como bloqueador, y donde la única diferencia es el tamaño del producto incorporado. La diferencia de tamaño hace, en este caso, que las nanopartículas penetren más profundamente en la piel y de manera más esparcida, evitando dejar en la superficie el conocido blanco cremoso y, además, protejan más rápida y eficientemente contra los rayos solares.

Lo expuesto hasta ahora levanta nuevos interrogantes: ¿por qué, si se trata en algunos casos de la misma materia prima que se venía usando desde hace años –aunque ahora en la escala nano– existe una amplia discusión y controversia internacional sobre la necesidad de regular las nanotecnologías? ¿qué implicaciones éticas nuevas debemos afrontar? ¿por qué regular lo que ya se conoce, o lo nuevo pero basado en materiales ya conocidos? ¿acaso las regula-

* Parte del documento se ha obtenido a partir de toda una serie de extractos y revisiones de la jornada “Primer Seminario Iberoamericano: diálogos sobre nanotecnologías”. Díaz-Marcos J, Foladori Zacatecas G. México, diciembre 2014.

^a Unidad de Técnicas Nanométricas. Grupo Nanodivulga. Universidad de Barcelona.

Correspondencia:
Jordi Díaz
jdiaz@ccit.ub.edu

ciones no significan largos procesos administrativos, costos y trabas que terminan retrasando la innovación que tanto se reclama como palanca del desarrollo –aunque algunas evidencias demuestran precisamente lo contrario, es decir, que a mayor regulación la innovación es más rápida⁴.

En la discusión especializada se esgrimen dos grandes temas para justificar la regulación de las nanotecnologías: la homogeneización comercial en un mundo globalizado⁵ y los potenciales riesgos a la salud y el medio ambiente de, al menos, algunas nanopartículas que han demostrado efectos perjudiciales en algunos estudios toxicológicos, para la salud humana y/o para el medio ambiente⁶⁻⁸. Fuera de la discusión especializada, las organizaciones sociales tienen, además, preocupaciones que no atañen a las nanotecnologías en sí mismas, sino al contexto en que su materia prima se produce y comercializa y al derecho irrenunciable del consumidor a estar informado sobre lo que está consumiendo.

La producción de nano materia prima en escala industrial, como los nanotubos de carbono, el dióxido de titanio, el óxido de zinc, o la nano-plata, que son posiblemente las materias primas producidas en mayor escala a nivel mundial, son generadas en un reducido conjunto de grandes industrias químicas. No más de una docena de corporaciones químicas producen, por ejemplo, más del 80% de los nanotubos que se consumen en todo el mundo⁹. Y semejante es el caso del resto de las nano materias primas más utilizadas.

Esto ha generado un debate ético. Que estos nano-productos estén presentes en el mercado sin que se conozca adecuadamente su toxicidad ha sido éticamente cuestionado, y podría seguir el camino de otros productos cuestionables que se incorporaron en los artículos de consumo cotidiano, desde las construcciones que contienen asbesto y plomo, hasta los muebles con ignífugos, pasando por decenas de plásticos y electrónicos con variados químicos que han resultado ser cancerígenos y tóxicos, haciendo que los costos sociales de revertir la situación, y los muertos y discapacitados aumenten diariamente. Es de esperar que una política precautoria corrija esta situación; variando por primera vez la forma de actuar de las empresas e interesados para no poner en el mercado productos químicos sin conocer previamente su potencial toxicidad. Para aplicar plenamente el principio de precaución, los productos químicos deben considerarse peligrosos a no ser que haya información suficiente que demuestre lo contrario.

Hasta ahora, una de las principales fuentes de información (aunque no del todo fiable) eran las fichas de datos de seguridad (FDS). A pesar de que se están elaborando estas fichas para los nanomateriales, la información que aparece en el caso de estos productos es todavía incompleta, a falta de resultados de estudios toxicológicos. Tampoco existen Valores Límite de Exposición para los mismos, tan sólo algunas recomendaciones; así mismo también falta su clasificación en las categorías de peligro correspondientes (como cancerígenos, mutágenos, irritantes, sensibilizantes, etc.), disponiéndose tan solo de la clasificación del material original

(*bulk material*). Ante la falta de datos toxicológicos, la recogida de información se centra en la búsqueda de datos sobre sus características y propiedades físicas y químicas.

Debido a la falta de información, y siempre considerando el principio de precaución, se debe establecer un programa de monitorización y mediciones de exposición, tomando como referencia muestras tomadas en ausencia de los nanomateriales y/o antes de iniciar la actividad con los mismos, con el fin de obtener información previa a la introducción de los nanomateriales¹⁰. Es importante advertir que no existen técnicas analíticas y de muestreo homologadas, que los aparatos necesarios para realizar la monitorización y mediciones son sofisticados y que, de momento, la mayoría de los servicios de prevención, no disponen de ellos^{10,11-17}.

Debido a su pequeño tamaño, inferior a 100nm, las nanopartículas pueden introducirse y superar las barreras físicas y biológicas más pequeñas del cuerpo humano, pudiéndose introducir en el cuerpo humano por inhalación, atravesando la piel, o por ingestión, y no se sabe si terminan depositándose en determinados órganos o tejidos¹⁸. Además, tenemos que tener en cuenta los fenómenos de traslocación, proceso mediante el cual las nanopartículas atraviesan las barreras biológicas y pueden aparecer en otras partes del organismo distintas de las de entrada, pero manteniendo su integridad como nanopartícula, es decir, sin que se produzca disolución.

Siendo este el contexto, el hecho de que la industria química lance al mercado toneladas de nuevos químicos, incluidas las nanopartículas deja de ser trivial. Sólo de nanotubos de carbono se estima un volumen cercano a dos mil toneladas anuales⁹, material que se asemeja e indudablemente nos recuerda al conocido asbesto. Es por todo ello que muchas organizaciones sociales reclaman que las nanotecnologías sean reguladas; y es también por este contexto que el principio de precaución se ha convertido en parte de la legislación en la Unión Europea¹⁹ y otros países, como orientación general de la política de salud y medio ambiente. El principio de precaución estipula que cuando existen indicios de que un proceso o producto puede resultar perjudicial para la salud humana o el medio ambiente deben tomarse medidas, aún cuando la comprobación científica no esté plenamente demostrada²⁰.

Por lo tanto, el caso de las nanotecnologías abre un nuevo paradigma respecto a su uso y regulación, ya que por primera vez no esperamos a tener evidencias de su efecto nocivo, para abrir un debate y actuar sobre su uso seguro, intentando evitar los errores cometidos con otros químicos tóxicos.

La discusión sobre la reglamentación de las nanotecnologías apenas comienza y existen ya muchas dificultades técnicas, además de los diferentes intereses económicos y políticos de corporaciones químicas, gobiernos, y grupos de poder. Pero el problema principal no son las dificultades en ponerse de acuerdo en temas difíciles y controvertidos, la dificultad radica en que mientras se llegan a acuerdos los na-

nomateriales continúan entrando al mercado sin restricción, lo cual crea una situación de hecho favorable a quienes defienden la posición de no reglamentar o de reglamentaciones suaves. Esta situación confunde al observador, porque posiciones bien fundamentadas, como las que sostienen que la reglamentación debe hacerse caso a caso, aludiendo que no se puede reglamentar de igual forma a nanomateriales que tienen efectos toxicológicos diferentes, terminan convalidando las situaciones que el mercado crea de hecho, y que son ajenas a cualquier argumentación con base científica. Por otra parte, dentro del debate también deberíamos incluir los balances coste-beneficio de estas nuevas tecnologías, sobre todo los que hacen referencia a la salud, ya que las nanotecnologías prometen enormes beneficios en el este campo, mejorando y minimizando los efectos nocivos de las actuales terapias y abriendo nuevas vías para la mejora y cura de enfermedades hasta ahora incurables.

Para afrontar el debate de la reglamentación de las nanotecnologías tenemos que remarcar un hecho que puede parecer insólito: a día de hoy no existe una definición clara, precisa y única de los nanomateriales, debido a las muchas dificultades técnicas para poderla realizar. Por ejemplo, no es lo mismo que se considere como tal a un material que tenga 50% o más de nanopartículas, como dice actualmente la legislación europea (en revisión), a uno que tenga 10% (UE N° 1363/2013) o más de nanopartículas como otros grupos pretenden. Tampoco es lo mismo que se regulen las empresas que producen o comercializan una tonelada de nanomateriales al año que las que manejan 100 gramos al año, y así por delante (Décret n° 2012-232 du 17 février 2012 relatif à la déclaration annuelle des substances à l'état nanoparticulaire pris en application de l'article L. 523-4 du code de l'environnement-FRANCIA).

Otro de los aspectos que complican la evaluación, definición y regulación de los nanomateriales y que es un aspecto clave, es el tema de la caracterización, el cual es de obligatoria obtención en las diferentes normativas de registro (REACH, CLPs, etc.). Estas normativas exigen que se haga una caracterización físico-química específica (aparte de la toxicológica y ecotoxicológica). Así nos encontramos con que la medición del tamaño y la granulometría de los nanomateriales es una tarea ardua en muchos casos, y los diferentes métodos de caracterización pueden dar resultados que no son comparables. Deben elaborarse métodos de medición armonizados para garantizar que la aplicación de la definición ofrezca resultados coherentes entre los distintos materiales y a lo largo del tiempo.

Inclusive los métodos tradicionales de evaluación toxicológica no son apropiados para estos nuevos materiales, que requieren ser analizados mediante diferentes criterios debido a que en alguna medida desarrollan riesgos específicos, no presentes en el mismo material en tamaño mayor^{8,21}.

Pero en algunos países y aspectos, como el etiquetado, ciertas reglamentaciones se están aplicando. En la Unión Europea es requisito el etiquetado de los cosméticos, ali-

mentos y biocidas que contengan nanopartículas²²⁻²⁴. Esto crea un problema comercial de hecho. Comerciantes de otros países que pretendan exportar a Europa productos de tales sectores deberán etiquetar los productos, con información no necesariamente asequible al exportador si el industrial no es obligado a incluir los contenidos de los productos en las guías y facturas.

Lo señalado anteriormente, aunque en pinceladas, da una idea de la dificultad y las razones por las cuales las políticas de regulación son un tema de importancia en la agenda mundial, y que reclaman la cooperación internacional. Otra conclusión es que es perentorio invertir esfuerzos en involucrar a la sociedad en los sistemas de información y crear puntos de encuentro que permitan el nanodiálogo, la participación pública, y una medida de la opinión y sensibilización del público y los distintos sectores sociales hacia las nanotecnologías.

REFERENCIAS

1. Commission Recommendation of 18 October 2011 on the definition of nanomaterial. Official Journal of the European Union, L 275/38 [citado 13 mar 2015]. Disponible en: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:275:0038:0040:EN:PDF>
2. TAENK. The Nanodatabase. Taenk [citado 13 mar 2015]. Disponible en: <http://taenk.dk/nyheder/nanodatabase-giver-forbrugere-overblik>
3. Woodrow Wilson International Centre for Scholars. A nanotechnology consumer products inventory project on emerging nanotechnologies. Washington DC: WWICS; 2012 [citado 13 mar 2015]. Disponible en: <http://www.nanotechproject.org/inventories/consumer>
4. Tuncak B. Driving innovation. CIEL, The Center for International Environmental Law; 2013 [citado 13 mar 2015]. Disponible en: www.ciel.org/Publications/Innovation_Chemical_Feb2013.pdf
5. Ahearn RJ. Transatlantic Regulatory Cooperation: Background and Analysis, October 2008 [citado 31 ago 2014]. Disponible en: <http://file.wikileaks.org/file/crs/RL34717.pdf>
6. Colvin VL. The potential environmental impact of engineered nanomaterials. Nature Biotechnology; 2003; 21: 1166-70.
7. Donaldson K, Stone V, Clouter A, Renwick L, MacNee W. Ultrafine particles. Occupational and Environmental Medicine. 2001; 58: 211-6.
8. Maynard A, Aitken R, Butz T, Colvin VL, Donaldson K, Oberdörster G, et al. Safe handling of nanotechnology. Nanotechnology. 2006;444(16): 267-9.
9. Patel V. Global carbon nanotubes market - industry beckons. October 2011. [citado 14 nov 2014]. Disponible en: <http://www.nanowerk.com/spotlight/spotid=23118.php>
10. Center for Disease Control and Prevention (CDC). Approaches to Safe Nanotechnology. NIOSH; March 2009 [citado 13 mar 2015]. Disponible en: <http://www.cdc.gov/niosh/docs/2009-125/pdfs/2009-125.pdf>
11. Bergeson L. Safe Work Australia Recommends Classification of Carbon Nanotubes as Hazardous Chemicals. Nano and Other Emerging Technologies Blog: National Industrial Chemicals Notification and Assessment Scheme (NICNAS) - Globally Harmonized System of Classification and Labeling of Chemicals (GHS); 2012 [citado 27 oct 2012]. Disponible en: <http://nanotech.lawbc.com/2012/10/articles/international/safe-work-australia-recommends-classification-of-carbon-nanotubes-as-hazardous-chemicals/print.html>

12. Center for Disease Control and Prevention (CDC). Nanotechnology. Overview. Workplace Safety & Health Topics [citado 13 mar 2015]. Disponible en: <http://www.cdc.gov/niosh/topics/nanotech/>
13. Center for Disease Control and Prevention (CDC). General Safe Practices for Working with Engineered Nanomaterials in Research Laboratories. NIOSH; 2012. [citado 13 mar 2015]. Disponible en: <http://www.cdc.gov/niosh/docs/2012-147/>
14. EU-OSHA. E-fact 72: Tools for the management of nanomaterials in the workplace and prevention measures — Safety and Health at Work. EU-OSHA; 2013 [citado 13 mar 2015]. Disponible en: <https://osha.europa.eu/en/publications/e-facts/e-fact-72-tools-for-the-management-of-nanomaterials-in-the-workplace-and-prevention-measures/view>
15. Safe Work Australia. Work health and safety assessment tool for handling engineered nanomaterials. August, 2010 [citado 13 mar 2015]. Disponible en: <http://www.safeworkaustralia.gov.au/sites/swa/about/publications/pages/at201008workhealthandsafetyassessmenttool>
16. Safe Work Australia. Safe handling and use of carbon nanotubes. March, 2012 [citado 13 mar 2015]. Disponible en: <http://www.safeworkaustralia.gov.au/sites/swa/about/publications/pages/safe-handling-nanotubes>
17. UK NanoSafety Partnership Group. Working Safely with Nanomaterials - Working Safely with Nanomaterials. August, 2012 [citado 13 mar 2015]. Disponible en: <http://www.safenano.org/media/64896/Working%20Safely%20with%20Nanomaterials%20-%20Release%201%200%20-%20Aug2012.pdf>
18. Nel A, Xia T, Mädler L, Li L. Toxic potential of materials at the nanolevel. *Science*. 2006;311: 622-7.
19. European Union Legislation. The precautionary principle. February, 2000. [citado 24 nov 2014]. Disponible en: http://europa.eu/legislation_summaries/consumers/consumer_safety/l32042_en.htm
20. UNESCO / COMEST. The Precautionary Principle. Marci, 2005 [citado 25 nov 2014]. Disponible en: <http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001395/139578e.pdf>
21. Oberdörster G, Oberdörster E, Oberdörster J. Nanotoxicology: An Emerging Discipline Evolving from Studies of Ultrafine Particles. *Environmental Health Perspectives*. 2005;113:823-39.
22. EC 1223/2009. Cosmetics Regulation [citado 21 mar 2015]. Disponible en: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32009R1223>
23. EU 1169/2011. Food Regulation [citado 21 mar 2015]. Disponible en: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:32011R1169>
24. EC 528/2012. Biocides Regulation [citado 21 mar 2015]. Disponible en: <http://echa.europa.eu/regulations/biocidal-products-regulation/legislation>