NANOTECNOLOGÍA Y NANOÉTICA

En 2008 se concedió el Premio Príncipe de Asturias de Investigación Científica y Técnica a cinco investigadores de la ciencia de materiales y de la nanotecnología (el japonés Sumio Iijima y los estadounidenses Shuji Nakamura, Robert Langer, George M. Whitesides y Tobin Marks). En el Acta del Premio se decía: *«Estos científicos han descubierto los nanotubos de carbono, los diodos emisores de luz (LEDs), biomateriales que posibilitan la liberación inteligente de fármacos, la producción de tejidos y órganos para trasplantes»*.

Dos años después, en 2010, dos científicos rusos que trabajan en un laboratorio del Reino Unido recibieron el Premio Nobel de Física por sus investigaciones sobre el grafeno, un nanomaterial que se caracteriza por tener una estructura tan plana que solo tiene un átomo de grosor. Nos estamos refiriendo con todo ello al estudio, control, manipulación y fabricación de objetos y fenómenos que presentan propiedades muy específicas debido a su escala, la nanométrica, así como a dos términos que se están difundiendo con rapidez: la nanotecnología y la nanoética.

NOTA: Bibliografía básica: J.M. Cózar y Escalante, *Nanotecnología, salud y bioética*, Junta General del Principado de Asturias y Sociedad Internacional de Bioética, Gijón, 2011.

1. UNA APROXIMACIÓN A LA NANOTECNOLOGÍA

La dificultad que encierra la definición del término "nanotecnología" hace que, al menos durante un tiempo, haya que referirlo a un variado y heterogéneo conglomerado de programas de investigación y de innovaciones que tienen como denominador común la escala nanométrica. El prefijo "nano" proviene del latín (*nanus*, enano) y éste, a su vez, del griego *nános*. Significa la milmillonésima parte, en este caso del metro, o lo que es lo mismo, la millonésima parte del milímetro. Hay también voces autorizadas que distinguen entre nanociencia y nanotecnología, como ocurre en The Royal Society & The Royal Academy of Engineering, *Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties* (July, 2004, p. 5). Nosotros usaremos el término nanotecnologías, en plural, por ser el más frecuente en la literatura científica, siguiendo la definición de la citada Royal Society: "Son el diseño, caracterización, producción y aplicación de estructuras, dispositivos y sistemas de control de forma y tamaño a escala nanométrica."

Sirvan los siguientes ejemplos para hacernos una idea: la relación de tamaño entre una de esas estructuras y un balón de fútbol es aproximadamente la misma que existe entre éste y el tamaño del planeta Tierra; una molécula de ADN mide 2,5 nanómetros, una bacteria pequeña mide 1000 nanómetros y un glóbulo rojo es 7.000 veces más grande; una célula sería algo descomunalmente grande con un tamaño de varios miles de nanómetros.

El campo de estudio fue concebido en sus principales líneas conceptuales a finales de los años 50 del pasado siglo XX por Richard Feynman, posteriormente Premio Nobel de Física en 1965, cuando impartió una conferencia en el Instituto de Tecnología de California, en 1959, bajo el título "There is plenty of room at the bottom", donde explicó cómo manipular y fabricar objetos a escala atómica desde una perspectiva completamente innovadora. Parece ser que el término fue utilizado por primera vez por el profesor N. Taniguchi, en 1974, y posteriormente, en 1986, contribuyó a popularizarlo K. Eric Drexler en su obra *Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology* (Anchor Books, New York, 1986). La nanotecnología ha sido posible principalmente gracias al desarrollo de potentes microscopios de efecto túnel, de fuerzas eléctricas y de toda una serie de instrumental de vanguardia, que permiten a los investigadores no solo "ver", sino además producir y manipular estructuras de una pequeñez inimaginable.

El potencial de su futuro desarrollo viene indicado por las progresivas inversiones económicas en nanotecnología: 30 mil millones de dólares en 2005, 88 mil millones en 2008, y podría alcanzar la cifra de 2,6 billones de dólares en 2015.Para hacerse una idea de su desarrollo y difusión, solamente en el caso de España, basta con echar un vistazo a la Red Española de Nanotecnología (NanoSpain.org), que cuenta con más de 300 miembros asociados entre centros universitarios, empresas e instituciones públicas y privadas de distinto signo. Esta misma Red Española ha publicado un Catálogo de Nanociencia & Nanotecnología. Compañías en España.

Parece ser que ya hay más de 3.000 productos en la vida cotidiana basados en la nanotecnología como, por ejemplo, cosméticos y cremas fotoprotectoras; materiales textiles; pasta de dientes; sistemas de ventilación; fabricación de vidrios, cristales y combustibles; material sanitario; biomarcadores ópticos; procesadores más potentes y de menor tamaño; pigmentos en pinturas que aumentarán su resistencia; piezas dentales; envases para alimentos; neumáticos, material deportivo y un largo etcétera. Parece ser que una buena parte de las aplicaciones proyectadas aún pertenecen a la ciencia ficción, pero las nanotecnologías presentan una gran potencialidad capacitadora o posibilitadora que abre las puertas de un futuro tan prometedor y espectacular como retador y arriesgado. Por eso importa mucho verlo desde la ética y/o la bioética.

2. LAS APLICACIONES NANOTECNOLÓGICAS DESDE LA BIOÉTICA

Desde hace algunos años se debate con cierta vivacidad sobre la existencia y oportunidad de una "nanoética", es decir, de una reflexión y discurso específicos de carácter ético para abordar los problemas que el desarrollo de la nanotecnología trae consigo para el presente y para el futuro. Se han publicado muchos artículos y varios libros al respecto, la mayoría en lengua inglesa. Ya hay alguna una revista especializada: Nanoethics.

Hay también dos importantes enciclopedias sobre la materia:

- *Encyclopedia of Nanoscience and Nanotechnology* (2004-2011: 25 vols.)
- *Encyclopedia of Nanoscience and Society* (2010: 2 vols.)

2.1. La dificultad de un nuevo concepto

Sin embargo, como ya se ha insinuado antes, el concepto de nanoética no goza de plena aceptación. Hay dudas acerca de su especificidad y su pertinencia. Según Solórzano, hay un variado panorama de posiciones sobre su definición: 1) La escéptica, que afirma la carencia de una estructura ética por parte de la nanoética, pues necesita de temas, métodos, valores y contextos de aplicación; 2) La descalificadora, que ve las problemáticas derivadas de la nanotecnología en el ámbito ético como cuestiones ya trabajadas, incluso por la ética general, como las referentes al medioambiente, la distribución equitativa de las riquezas, la manipulación genética, la robótica…; 3) La pragmática, en la que la esencia de la nanoética no es posible y solo se recurre al estudio y la justificación práctica de las implicaciones nanotecnológicas en casos particulares y concretos, por lo que se debe estudiar lo pragmáticamente factual; 4) La indefinicionista, en la que se piensa que la reflexión nanoética es una cuestión de futuro y resulta prematuro definirla ahora por falta de claridad; y 5) La favorabilista, que afirma tanto su posibilidad como la necesidad de ponerle límites éticos al creciente y desmesurado desarrollo de la nanotecnología.

Es también posible adoptar otra posición, más sencilla y operativa, a mi juicio, basada en el hecho imparable del desarrollo y la difusión de la bioética. Se trata de adoptar esa perspectiva para evaluar las aplicaciones de las nanotecnologías en dos campos: 1º) el más amplio o global de la macrobioética, que incluye a la ecoética, las cuestiones de justicia global, la biopolítica y la posibilidad de una bioética cívica mundial; y 2º) el sanitario, donde más ha crecido la bioética médica o clínica o microbioética que, en este caso, tiene que abordar los retos éticos de la "nanomedicina".

Es esta la ocasión, por cierto, de presentar NANOMED. Plataforma Española de Nanomedicina, entendida como aplicación de la nanotecnología al desarrollo de nuevos sistemas de diagnóstico y terapia, así como a la mejora de los existentes, y cuyo objetivo es mejorar la calidad del servicio al paciente, permitiendo avanzar hacia una tecnología sanitaria más personalizada, con un nivel de coste asumible, ofreciendo productos competitivos y de alto valor añadido.

2.2. Áreas o temas de mayor preocupación

No vamos a analizar aquí de manera pormenorizada las aplicaciones de la nanotecnología en los dos campos antes mencionados, es decir, en la bioética clínica, concretamente a

través de la nanomedicina, y en la bioética global o macrobioética (véase para ello, por ejemplo, J.M. de Cózar, *Nanotecnología, salud y bioética*, pp. 32-89). Pero sí vamos a nombrar, cuando menos, las áreas o temas más problemáticos. Cuando las nanotecnologías convergen con las tecnologías de la información, las biotecnologías y las ciencias cognitivas (Nano-Bio-Info-Cogno), aparecen los siguientes problemas:

1. El exceso de información y sus efectos para adquirir un conocimiento genuino.
2. El progresivo cruce de la frontera entre humano y no humano, natural y artificial, viviente y no viviente.
3. La creciente manipulación de la mente por medio de neuro-implantes y otros procedimientos técnicos.
4. La perspectiva de emplear la tecnología para "mejorar" continuadamente a los seres humanos, que es para algunos una obligación moral y para otros una pesadilla.
5. Las dificultades asociadas a la distinción entre una cura o tratamiento y una mejora, que nos introduce directamente en la nanomedicina.

En resumen, los grandes temas en torno a los que gira la nanotecnología vista desde la perspectiva bioética son los siguientes: mejora humana, biología sintética, nanomedicina, agricultura-alimentación, experimentación con animales, así como seguridad y medioambiente que van incluidas en los temas anteriores.

2.3. Aproximación evaluativa general

El año 2009, la Comisión de Medio Ambiente, Salud Pública y Seguridad Alimentaria, del Consejo de Europa, en un documento titulado Informe sobre los aspectos reglamentarios de los nanomateriales, ya consideraba que el concepto de un *«enfoque seguro, responsable e integrado»* sobre nanotecnologías, preconizado por la Unión Europea, corría peligro por la falta de información sobre el uso y la seguridad de los nanomateriales que ya se encuentran en el mercado, en particular, en aplicaciones sensibles que entrañan la exposición directa de los consumidores. Así pues, la seguridad, la responsabilidad y la integración de las nanotecnologías tienen relevancia ética.

Asimismo, la citada Comisión, pedía revisar toda la legislación pertinente en el plazo de dos años a fin de aplicar el principio *«sin datos, no hay mercado»* para todas las aplicaciones de nanomateriales en productos con repercusiones potenciales en la salud y el medio ambiente, así como garantizar que las disposiciones legislativas y los instrumentos de ejecución reflejen las características específicas de los nanomateriales a los que pudieran exponerse los trabajadores, los consumidores o el medio ambiente.

Conviene añadir aquí, como luego se verá, que, sin datos, o sea, sin información, no sólo no hay mercado o comercio legítimo. Sin datos no hay ciencia ni ética.

Y añade también que *«… el uso de los nanomateriales debe responder a las necesidades reales de los ciudadanos y que sus beneficios sólo podrán valorarse dentro de un marco normativo y político claro (disposiciones legislativas y de otro tipo) que aborde explícitamente las aplicaciones presentes y futuras de los nanomateriales, así como la naturaleza misma de los posibles problemas de salud, medio ambiente y seguridad durante su ciclo de vida»*.

Por otra parte, en una comunicación de la Comisión de las Comunidades Europeas, en 2004, titulada Hacia una estrategia europea para las nanotecnologías se afirma que se deben respetar los principios éticos siguientes: *«el respeto de la dignidad, el principio de la autonomía del individuo, el principio de justicia y de beneficencia, el principio de libertad de investigación y el principio de proporcionalidad (…) Además, algunas aplicaciones, como por ejemplo los sensores miniaturizados, pueden tener implicaciones específicas para la protección de la privacidad y de los datos personales»*.

Cualquiera puede haber observado que los principios recién expuestos son habitualmente utilizados en bioética y, por tanto, constituyen una referencia ineludible para la evaluación ética de las nanotecnologías y, en concreto, las aplicadas en nanomedicina.

Y, por último, el programa Horizon 2020 de la Unión Europea ha identificado siete prioridades en las que la inversión en investigación e innovación, incluidas las nanotecnologías, puede reportar beneficios tangibles a la población:

- Salud, cambio demográfico y bienestar.
- Seguridad alimentaria, agricultura y silvicultura sostenibles, investigación marina, marítima y de aguas interiores, y bioeconomía.
- Energía segura, limpia y eficiente.
- Transporte inteligente, ecológico e integrado.
- Acción por el clima, medio ambiente, eficiencia de recursos y materias primas;
- Sociedades inclusivas, innovadoras y reflexivas.
- Sociedades seguras: proteger la libertad y la seguridad de los ciudadanos.

2.4. Otros principios para evaluar las nanotecnologías

Resulta también útil conocer la declaración del Centro Internacional para la Evaluación de la Tecnología (International Center for Technology Assessment) y la organización Amigos

de la Tierra (Friends of the Earth), con motivo de la primera cumbre de estratégica de ONGs sobre nanotecnología en Washington (2007). Este documento, denominado Principios supervision nanotecnologias y nanomateriales, expone ocho principios que van más allá de lo meramente ético, pero que proporcionan la base para una evaluación adecuada y eficaz del campo emergente de la nanotecnología, incluidos aquellos nanomateriales cuyo uso comercial ya se está extendiendo.

1º. Precaución

Teniendo en cuenta las diversas formulaciones existentes al respecto, entre las que se encuentra la ofrecida por la Unión Europea (2000), el principio de precaución indica que, en ausencia de evidencia científica suficiente sobre los posibles riesgos graves para la salud o el medio ambiente, hay que tomar medidas para evitar o minimizar tales riesgos, en tanto se obtiene la información necesaria.

Las nanotecnologías conllevan un elemento importante de amenaza, que requiere medidas de precaución por parte de quienes son sus responsables, para que prevean alternativas a sus actividades y promuevan la participación pública en sus aplicaciones. Esto, además, debería de incluir la prohibición de la comercialización y uso de nanomateriales no probados, así como el requerir a los fabricantes y distribuidores de estos productos que se responsabilicen de los riesgos basándose en evidencias científicas.

En otras palabras, *«sin datos, no hay mercado»* significa que no se debe comercializar ningún producto nanotecnológico que no contenga información de sus repercusiones sobre la salud, la seguridad, los trabajadores, los consumidores y el medio ambiente. Trayéndolo a nuestro terreno habría que añadir: en ese supuesto no hay ética ni ciencia, porque sin información contrastada ni veraz tampoco se reconoce, ni se otorga, ni se asume responsabilidad ética ni científica de ningún tipo.

2º. Regulaciones obligatorias específicas

La citada declaración del International Center for Technology Assessment sostiene que la actual legislación aún no regula de manera adecuada el tema de los nanomateriales. Por lo tanto, un régimen regulatorio específico para el caso de los nanomateriales debe formar parte integral en el desarrollo de las nanotecnologías. Las iniciativas voluntarias son completamente insuficientes para evaluar la nanotecnología. Debido a sus novedosas propiedades y riesgos asociados, los nanomateriales deben ser clasificados como nuevas substancias para su evaluación y para cualquier propósito regulatorios.

3º. Protección y salud del público y los trabajadores

La regulación adecuada y efectiva de los nanomateriales requiere poner el énfasis en la prevención de la exposición conocida o potencial de nanomateriales riesgosos o de aquellos que no han sido probados como seguros. El número de investigadores científicos y estudiantes que trabajan con nanomateriales en laboratorios académicos está creciendo exponencialmente y, al mismo tiempo, se estima que para el 2015 la industria de la nanotecnología empleará dos millones de trabajadores. A ello hay que añadir la preocupación por las nanopartículas liberadas en la naturaleza o las desarrolladas con una determinada finalidad. Es de suyo evidente, por tanto, la necesidad de elaborar legislaciones adecuadas e invertir en investigación sobre riesgos y su información.

4º Sustentabilidad ambiental

La evaluación de un ciclo completo de un nanomaterial exige tener en cuenta sus efectos sobre la salud, el ambiente y la seguridad, antes de su comercialización. Una vez libres en la naturaleza, los productos fabricados con nanomateriales representan una clase sin precedentes de contaminantes fabricados. Por eso los fondos gubernamentales para el estudio del medio ambiente, la salud y la seguridad, deben ser incrementados con el objetivo de delinear un plan estratégico sobre riesgos.

5º. Transparencia

La evaluación y regulación de los nanomateriales requieren de mecanismos que aseguren la transparencia, que incluye el adecuado etiquetado de productos que contengan nanomateriales, el conocimiento de leyes y medidas de protección, sobre todo en el lugar de trabajo, y el acceso público a un inventario informativo de salud y de seguridad. Como ya se decía anteriormente, “sin datos, no hay mercado”, aunque habría que matizarlo con lo dicho a ese propósito: si se carece de información no hay responsabilidad y, por tanto, no hay ética. Es una condición indispensable.

6º. Participación pública

El potencial de transformación que las nanotecnologías ofrecen en la esfera social, económica y política, hace que la participación pública en los procesos deliberativos y de toma de decisiones se convierta en un elemento esencial. La participación pública debe ser 1º) abierta, facilitando la contribución de los diferentes actores e interesados, y 2º) significativa, contribuyendo a la formación de políticas activas y efectivas.

7º. La consideración de amplios impactos

La asignación de fondos para la investigación determinará la trayectoria en el desarrollo de las nanotecnologías, pero, además, es esencial también investigar sobre los impactos en el medio ambiente, la salud, la seguridad, los aspectos socioeconómicos y los restos éticos de las nanotecnologías. Todos los resultados deberían estar a disposición del público, puesto que la participación y el debate público son cruciales.

3. LA NECESIDAD DE UN MARCO ÉTICO FUNDAMENTAL

Sin embargo, tales principios hay que situarlos en un marco ético (véase en este blog Hans Jonas). A mi juicio, hay que tener en cuenta los siguientes parámetros:

- La responsabilidad implica la obligación de responder de algo, lleva consigo el deber de respeto, cuidado y protección, y se puede formular así: *que el ser humano viva, que tenga vida*. Formulado negativamente diría así: no es lícito atentar contra la vida ni la integridad física o psíquica de ningún ser humano o, con otras palabras, no se deben hacer apuestas de acción que pongan en peligro la vida de la humanidad presente ni futura.

- La humanización implica el deber de orientar las acciones hacia el objetivo de la vida humanamente justa y buena, y puede formularse en el siguiente imperativo: *que el ser humano viva bien y dignamente, que haya más vida y sea digna para todos*. Su formulación negativa sería así: no es lícito fomentar la opresión, la pobreza, la desigualdad y la violencia o, en otros términos, es inhumano hacer apuestas de acción que pongan en peligro los derechos fundamentales de las personas o el entorno en el que viven.

Es imprescindible conjugar responsabilidad y humanización. Es el marco idóneo para afrontar el desafío ético de la nanotecnología. Como bien ha dicho Edgar Morin, estamos obligados, individual y colectivamente, a no suprimir a nadie de la humanidad, a defender, proteger y salvar la vida, a salvar la humanidad realizándola.

La ética contribuye a crear un espacio compartido de derechos y deberes que implican decir sí a la ciencia y la tecnología puestas al servicio de todos los seres humanos; sí al progreso científico-técnico que contribuye al bienestar de los seres humanos; y sí a la nanomedicina ordenada a conseguir los fines internos que dan sentido y legitimidad a la misma medicina: prevenir la enfermedad, promover y mantener la salud, aliviar el dolor y el sufrimiento de la enfermedad, asistir y curar a los que se pueden curar, cuidar a los que no tienen curación y evitar la muerte prematura. Para ello tendremos que aprender constantemente a discernir, reflexionar y deliberar juntos.