

Nanotecnología y nanomedicina

Hace ya unos años que una nueva rama de la ciencia ha aparecido y con ella ciertas inquietudes sobre sus posibles implicaciones éticas. Hablamos de la nanotecnología. Los avances de la tecnología siempre hay que evaluarlos desde una perspectiva antropocéntrica: en qué y en cuánto contribuyen, a mejorar la salud, a facilitar el trabajo humano, a mejorar las comunicaciones, el medio ambiente, etc. Sin embargo, siempre que escalamos un peldaño en la tecnología nos surgen algunos interrogantes. Existen dos niveles claramente diferenciados. El primero referido al uso de una cierta técnica en sí mismo: ¿le es ética o moralmente admisible al hombre hacer lo que, gracias a una nueva tecnología, ahora es capaz de hacer? El segundo, referido a los posibles efectos secundarios de una tecnología que, en principio, parece aceptable. En este caso es necesario sopesar ventajas e inconvenientes: conocer los beneficios y calibrar los posibles peligros.

¿Es admisible la aplicación de tal tecnología para producir tales beneficios a pesar de producir tales perjuicios? Como ya hemos discutido en otras ocasiones (fundamentalmente en referencia al medio ambiente), el principio de precaución también puede ser aplicado en estos ámbitos, siempre que conozcamos con precisión las relaciones causa-efecto y cuáles son esos posibles efectos perjudiciales, aunque no sepamos con exactitud la magnitud de los mismos.

El objetivo de este trabajo es doble. Por un lado aclarar lo que son las nanotecnologías, qué importancia tienen, por qué son algo novedoso y qué

aplicaciones se están desarrollando; por el otro lado, acotar de qué nivel de cuestionamiento estamos hablando, en especial en referencia con las aplicaciones médicas de la nanotecnología: la nanomedicina.

Breve historia de la nanotecnología

Ya en 1959, un célebre físico, Richard Feynman, declaraba que, si no somos capaces de manipular la materia átomo a átomo, no es porque alguna ley de la física nos lo impida, simplemente es una incapacidad práctica: somos demasiado grandes. Esta afirmación le ha valido ser considerado como el abuelo de la nanotecnología, término acuñado en 1974 por Norio Taniguchi, con motivo de la deposición de películas delgadas con control del espesor en el rango de los nanómetros.

Pero ¿qué son los nanómetros? Volvamos por un momento a nuestros años de primaria y al sistema métrico decimal. Medida de longitud: el metro. Mil metros son un kilómetro y la milésima parte del metro es un milímetro. El prefijo determina un factor multiplicativo: kilo multiplica por mil, es decir por 10^3 , mili divide por mil es decir, multiplica por 0,001, dicho de otra forma, multiplica por 10^{-3} . Ahora bien, el devenir de la técnica ha hecho que sean necesarias unidades mucho más grandes o pequeñas para algunas magnitudes. Más grandes, por ejemplo, para la capacidad de almacenamiento de información o memoria o para la velocidad de proceso de un ordenador. Así, los prefijos *mega-*, *giga-* o *tera-*, suponen multiplicar por 10^6 , 10^9 ó 10^{12} . Por el contrario, en otras ocasiones, es necesario utilizar medidas muy pequeñas, así tenemos los prefijos: *micro-*, *nano-* o *pico-* para factores de: 10^{-6} , 10^{-9} ó 10^{-12} .

Así un *micrómetro* (o micra) es la milésima parte de un milímetro y un *nanómetro* la millonésima parte de un milímetro. Una hoja de papel tiene un espesor de unas 150 micras, el plástico para envolver alimentos unas 10 micras. Un pelo humano tiene un diámetro de unas 80 micras, es decir, de unos 80.000 nanómetros, el ancho de una cadena de ADN tiene unos 2 nanómetros. El radio del átomo de hidrógeno es, aproximadamente, de 0,1 nanómetro.

Así, nanociencia se refiere al estudio de las propiedades de la materia y su manipulación a escala atómica, molecular o macromolecular, escalas en las que la unidad de medida natural es el nanómetro. Quedan fuera de esta ciencia las partículas elementales (mucho más pequeñas). Nanotecnología se emplea para referirnos a aquellas tecnologías que suponen la manipulación y fabricación de

materiales en la escala espacial de los nanómetros. Materiales que son orgánicos (como polímeros) o inorgánicos (como metales), pero que son materia inerte, es decir, la manipulación celular, aunque pueda emplear herramientas desarrolladas por la nanotecnología, no es la base de trabajo para esta tecnología.

¿Tanto revuelo por una cuestión de tamaño? Pues sí y no. No, porque el comportamiento de los materiales es diferente a escala nanométrica que a escala macroscópica. Son precisamente estas diferentes propiedades del material debidas al tamaño, las que explota la nanotecnología. Así a escala nanométrica es posible controlar o cambiar propiedades fundamentales del material como pueden ser: punto de ebullición, conductividad térmica y eléctrica, porosidad, corrosividad y, más importante, biocompatibilidad. Y sí porque todo esto se consigue sin variar la composición química del material.

Técnica, ciencia aplicada

Las posibilidades de la nanotecnología han despertado grandes esperanzas en campos como la medicina o los materiales. Como dato de interés para calibrar la tendencia al alza de esta tecnología, podemos citar que, en su sexto Programa Marco para la Investigación Científica, la Unión Europea invirtió en nanotecnología unos 1.360 millones de euros; para el séptimo Programa Marco la previsión es de 3.500 millones de euros. También resulta interesante recordar, por un momento, lo que fue la última revolución tecnológica asociada al tamaño, la microelectrónica, que ha aportado innumerables contribuciones a nuestra vida diaria. Así podemos hacernos una idea de lo que cabe esperar de la nanotecnología. Pero también ha despertado algunas inquietudes. En este debate, uno de los primeros problemas es separar lo que es ciencia de lo que es ciencia-ficción, entre lo que podemos hacer y lo que se especula que podría hacerse en el futuro.

Aplicaciones médicas de la nanotecnología

En el campo de la medicina las nanotecnologías encuentran aplicación en las técnicas de diagnóstico, en las de imagen, en el campo de los biomateriales y en la producción y administración de medicamentos. En casi todos los casos, se trata de la producción de nanopartículas o nanotubos con propiedades muy particulares, como pueden ser: capturar cierto tipo de células, atravesar cierto tipo de barreras biológicas, etc.

Diagnóstico. La nanotecnología encuentra aplicaciones importantes en el campo del diagnóstico tanto in-vitro como in-vivo. Un simple análisis de sangre es una técnica de diagnóstico in-vitro, una medida de la temperatura corporal o el ritmo cardíaco una medida in-vivo. Aunque entrar en detalles pueda resultar complicado, podemos, en líneas generales, afirmar que para ambos casos la nanotecnología proporciona avances que disminuyen el grado de agresividad de la técnica y mejoran la precisión del diagnóstico.

Imagen. Las técnicas de imagen médica que conocemos son los rayos X, la ecografía por ultrasonidos o la resonancia magnética nuclear. En todos estos casos se utiliza alguna propiedad específica del tejido u órgano que queremos observar, para construir una imagen. Cuanto más diferente sea esa propiedad con respecto a la del entorno, más nítida será la imagen. Es posible mejorar este contraste y por tanto la capacidad de diagnóstico de la técnica introduciendo agentes externos: agentes de contraste. Estos agentes de contraste se le administran al paciente antes de someterle a la prueba de diagnóstico (imagen). Citemos un conocido y utilizado ejemplo clásico (no de la nanotecnología) por si pudiera ayudar a comprender lo que son los agentes de contraste: la introducción por inyección intravenosa de pequeñas esferas en la corriente sanguínea del paciente para mejorar el contraste de la ecografía por Doppler en las arterias coronarias.

Las nanotecnologías tienen importantes aplicaciones en este campo. Para las técnicas citadas anteriormente, especialmente para la resonancia magnética nuclear, es posible producir agentes de contraste basados en nanopartículas que permiten mejorar la capacidad de la técnica por dos razones: las nanopartículas se diseñan de tal forma que mejoren el contraste, y además son especialmente capaces y selectivas a la hora de llegar a aquellos órganos de los que queremos producir una imagen. Éstas se le suministran al paciente previamente a la prueba.

Biomateriales. Con este término nos referimos a materiales, por lo general, cerámicos o metálicos, por lo tanto no biológicos, pero que producen con el objeto de que sean utilizados por organismos vivos, en particular, hablamos de materiales para producir implantes (pensemos en un implante de cadera). En este ámbito la biocompatibilidad de los materiales es un elemento determinante. La nanotecnología es capaz de producir materiales que se asemejan más a los biológicos. Por ejemplo, ciertos recubrimientos de nanopartículas sobre la superficie de un implante pueden mejorar considerablemente la adherencia del implante con el tejido adyacente.

Medicamentos. La administración de medicamentos es uno de los usos principales de las nanotecnologías en medicina. La inclusión de productos

farmacéuticos en nano-portadores puede permitir un mayor grado de especificidad y de eficacia de los medicamentos. Por lo tanto, no estamos hablando de nuevos medicamentos o nuevos principios activos, sólo de nuevas formas de administración de éstos.

Los elementos característicos de los nano-productos farmacéuticos son su capacidad de atravesar barreras biológicas (tales como la barrera del cerebro o la barrera de la retina) que son difíciles para el medicamento en otras presentaciones, su especificidad (el nano-portador del medicamento puede incluir reactivos específicos tales como anticuerpos que atacan a blancos específicos) y la posibilidad de focalizar la zona o el órgano donde deben actuar (el nano-portador se podría hacer de material fisiológico estable que se desintegrara solamente al llegar el nano-portador al blanco, o al recibir una señal externa, administrada por el médico).

De esta forma, aunque no estemos hablando de nuevos principios activos, estas ventajas que aporta la nanotecnología permiten el suministro de estos principios activos del medicamento con una potencia o concentración que hubiera tenido efectos nocivos en caso de haber sido suministrada de forma sistemática, o en casos en los que no se hubiera podido administrar con éxito por métodos convencionales.

Otros usos de las nanotecnologías tienen lugar en relación con la medicina regenerativa, con las células madre y con los implantes (sensoriales: vista y oído). Por último, no conviene acabar este repaso sin, al menos, mencionar uno de los campos en los que las aplicaciones de la nanotecnología han llegado, ya hace tiempo, al mercado: la cosmética, en la que se emplean nanopartículas para conseguir que los agentes activos traspasen la barrera externa de la piel.

¿Nano- o mega- interrogantes?

Ahora bien, hasta este punto hemos intentado aclarar en qué consiste, para qué sirve y qué usos se le está dando a la nanotecnología. Quizá esto haya sido suficiente para despejar las dudas que algunos de esos falsos profetas que tanto abundan hayan podido sembrar. No obstante, es necesario hacer, también, un análisis más detallado de cuáles son los riesgos o los peligros nuevos que esta nueva técnica nos puede traer. De hecho, hace pocas semanas, el grupo europeo de ética de la ciencia y de las nuevas tecnologías, establecido por la Comisión Europea, hacía público un informe llamado «*Opinion on the ethical aspects of nanomedicine. —Opinion 21^o—*» que aunque extenso, resulta de fácil lectura.

La primera preocupación que suscitan las nanotecnologías se refiere a la contaminación ambiental con nanopartículas y a los efectos tóxicos de este nuevo agente contaminante. En efecto, las nanotecnologías se aplican en diversos campos, desde la cosmética hasta la construcción, incluyendo el sector de la automoción y el textil. La liberación, al medio ambiente de nanopartículas resulta preocupante. Más aún teniendo en cuenta que éstas nanopartículas tienen una alta capacidad de absorción en el organismo al ser inhaladas y al pasar al torrente sanguíneo, que tienen un alto potencial de atravesar tejidos y barreras biológicas y que pueden resultar altamente tóxicas. Este peligro se ve agravado por el hecho de que los métodos actuales de diagnóstico o los métodos de análisis toxicológico o los procedimientos para detectar contaminantes puedan no ser útiles para estos nuevos agentes.

En ese contexto es pues necesario subrayar la necesidad de medidas efectivas para controlar y verificar la seguridad de los productos de la nanotecnología en general y de la nanomedicina en particular. El mencionado informe del grupo europeo de ética de la ciencia y de las nuevas tecnologías sugiere que sean las instituciones ya existentes en el ámbito europeo para la protección de los ciudadanos y los pacientes las que asuman esta responsabilidad.

También cabe preguntarse si el marco legal en medicina y protección del medio ambiente es suficiente para este nuevo tipo de materiales o si, por el contrario, es necesaria una regulación específica. El mencionado informe del grupo europeo de ética de la ciencia y de las nuevas tecnologías no sugiere la necesidad de tal marco legal, aunque sí apunta a algunas lagunas en el marco actual de cara a esta nueva situación.

Otra dimensión importante del problema se refiere a la alarma que puede provocar el desconocimiento o la mala información. Por esto es importante, que se fomente la divulgación de lo que se investiga y de las aplicaciones que se desarrollan, ya que esta transparencia es fundamental para la confianza de la sociedad en la nanotecnología. En el campo de las aplicaciones médicas, es importante el derecho a la información de los pacientes referido a las técnicas y tratamientos que se les aplican.

La nanotecnología ofrece importantes avances técnicos y médicos a los que no podemos renunciar sin más. Sin embargo no está exenta de inconvenientes o aspectos negativos. No hay que ignorarlos ni magnificarlos: necesitamos conocerlos, conocer ventajas e inconvenientes y su alcance, para así hacer una gestión eficaz del riesgo. ■