

**CONSCIENCIAS: ASUNCIÓN DEL RIESGO Y TRANSVERSALIDAD
RESPONSABLE EN EL AMPLIO MARCO DE LA
NANOTECNOLOGÍA**

*CONSCIOUSNESS: TAKING RESPONSIBILITY AND RESPONSIBLE TRANSVERSALITY
IN THE BROAD FRAMEWORK OF NANOTECHNOLOGY*

M.Jesús Buxó Reyⁱ, Universidad de Barcelona

Recibido: 22-1-2015

Aceptado: 23-7-2015

Abstract

La idea de conciencia es un valor *per se* que no parece requerir el apoyo de epítetos, sin embargo, atendiendo a la complejidad de los riesgos en los avances nanotecnológicos, el darse cuenta, entender y evaluar los problemas relativos a la protección de la vida, la salud, la sostenibilidad y la bioseguridad, requiere además activar un estado mental operativo que rasgue el *cocoon* protectorⁱⁱ para abrirse a la asunción de los repertorios de riesgo y su redistribución equitativa. Asumir, comprometerse y tomar decisiones respecto a riesgos que afectan a la sociedad, el ambiente y las futuras generaciones obliga a realizar una gestión transversal y un dialogo responsable entre todos los sectores públicos y privados de investigación, gobernanza, medios de comunicación y ciudadanía.

Palabras clave: asunción del riesgo, vulnerabilidad, justicia distributiva, transversalidad responsable, nanotecnología

Abstract

Consciousness as an idea is a value *per se* no needing to apply epithets. However, risk perception, understanding and evaluation of nanotechnological advances on life, health, sustainability and biosecurity, requires in addition making active an operative mental state that unlocks the protective cocoon to assume risk repertoires and its fair redistribution. Risk assumption, commitment and decision making towards society, environment and future generations implies transversal management and responsible dialogue of public and private

sectors of research, governance, public policy, media and citizenship.

Key words: risk assumption, vulnerability, distributive justice, transversal responsibility, nanotechnology

De todas las consciencias que se originan social y políticamente según se enfoquen los problemas epistemológicos, sociales, culturales y ambientales, hoy predomina la apreciación crítica hacia la ciencia y la tecnología. Dudas y preguntas sobre las finalidades y los límites de la investigación, la financiación y las patentes, los resultados y sus aplicaciones, así como las motivaciones y los conflictos de interés, ponen de relieve la necesidad de activar la conciencia crítica y moral en la consideración de las implicaciones éticas, sociales y jurídicas de la ciencia y la tecnología.

El punto de partida es que la ciencia y la tecnología no son sólo sistemas de conocimiento y aplicaciones tecnológicas, sino culturas en acción profundamente insertas en el sistema social, como lo han sido tradicionalmente la religión, la familia y la economía. Tal es su poder simbólico en el imaginario colectivo, su imbricación en la resolución experta de problemas, su valor añadido en productos comerciales y en la definición de la calidad de vida, que la ciencia y la tecnología han pasado a ser, siguiendo la terminología de Sahlins (1988), el locus institucional de la producción simbólica tanto en las instituciones expertas como en los estilos de vida hasta el extremo de constituir moda (Buxó, 2004). Lo científico añade valor a los productos de consumo, y no sólo tiene una visibilidad permanente en las noticias de los medios de comunicación, sino que se involucra en las decisiones políticas y electorales cada vez más referenciadas en los sistemas expertos para calificar la eficacia relativa a la resolución de problemas.

Rota, pues, la dicotomía inconducente de las ciencias como dos culturas (Snow, 1959) se abre la caja negra de los problemas recombinaando ciencia y cultura en busca de evaluar y captar la percepción de los riesgos. Son diversas las teorías del riesgoⁱⁱⁱ, aunque adeudamos a Beck (1992) la denominación de sociedad del riesgo que se entiende como una realidad en la que todo el mundo está activamente metido en la producción de discursos morales y políticos sobre los peligros y las amenazas al ser humano y el ambiente.

Sin duda este calificativo ha sido un acierto porque ha permitido elevar la sociedad del riesgo a categoría analítica unitaria para la civilización occidental y la interconexión global.

Antes el riesgo ocurría como si fuera, al decir de Douglas (1996), un peligro derivado del desorden social y la anormalidad. Ahora se considera un objetivo a evaluar, esto es, describir y calcular con métodos prospectivos en forma de tendencias relativas a la irreversibilidad de los desequilibrios ecológicos y la creciente desigualdad socioeconómica derivados de diferentes impactos industriales y biotecnológicos. Sin embargo, poco o ninguno de esos cálculos, teorías, y modelos de previsión y precaución, parece dar soluciones satisfactorias de acuerdo a la magnitud de las adversidades, ni haber creado condiciones de futura evitación para todos los avances que la tecnociencia desarrolla sin parar. Y no es por falta de precisión en la evaluación del riesgo ya que la ciencia busca la coherencia en sus datos, estimaciones y modelos en pos de reducir la incerteza y asegurar el curso de acción adecuado. Más bien la razón es que el riesgo deriva de las decisiones económicas y políticas, de modo que no es lo opuesto al beneficio, sino que representa el coste de querer conseguir más beneficios, y esto se traslada a los propios proyectos de investigación que, en su desarrollo incremental, no tomar riesgos pasa a ser un nuevo riesgo.

Del énfasis inicial en la evaluación de los proyectos de investigación y el ejercicio de la ética protocolaria, el riesgo pasa a ser el punto de partida de toda reflexión sobre las implicaciones jurídicas, políticas y sociales de los avances biotecnológicos enfocando la percepción pública y la injusticia. De esa implicación es observable que en las presentaciones y debates en conferencias y medios de comunicación, los expertos y los políticos manifiestan o exhiben argumentos éticos como garantes del buen proceder aunque, con frecuencia, tienden a diluirse en lisonjas o críticas mutuas sin clarificar ni aportar soluciones para remediar, extraer, limpiar o biodegradar el problema en cuestión. No es raro, pues, que aumente la irritación pública de vivir el misterio del riesgo ambiental a la vez que se incrementa la consciencia de que no existe, al igual que en la política, una ciencia libre de valores y desinteresada. De ahí la exigencia de que la evaluación del riesgo vaya más allá de sus propias condiciones y variables y explicita los valores y los conflictos de interés que guían el diseño y los procesos de investigación, las patentes resultantes así como las aplicaciones industriales.

A partir de ahí la aceptabilidad pública pasa a ser una variable relevante en la evaluación del riesgo. De su resistencia probable nace el interés por incorporar la participación ciudadana, inicialmente como transferencia de conocimiento y debate entre ciencia y sociedad, y progresivamente en términos de dialogo y participación deliberativa. Un requerimiento que no es nuevo, pues ya en los años 60, Margaret Mead hacia notar la creciente alienación del público respecto a la ciencia y los científicos y sugería investigar

nuevos instrumentos educativos y comunicativos capaces de cubrir la separación de los practicantes de las ciencias y las humanidades con el común de la gente.

En este sentido, el hito más relevante del siglo XX fue el proyecto Genoma Humano y las aplicaciones potenciales en genética, OGM, células madre embrionarias, y otros, cuyas promesas de beneficio no siempre fueron acompañadas de la difusión pública del análisis y la valoración de sus riesgos. Esto generó toda suerte de reservas y críticas por parte de organizaciones ambientalistas y de consumidores que duran hasta hoy, avivadas por toda suerte de posicionamientos ideológicos y religiosos. Entre dudas y presiones se han promovido soluciones dilatorias, sea vía supuestos insuficientes en la ley o recurriendo a moratorias, pero rara vez han surtido efecto y casi siempre se ha obviado el debate público.

Actualmente es la plataforma Nanotecnológica la que, con su potencial para invadir de forma invisible la privacidad corporal y el espacio público a base de nanodispositivos de infiltración, productos cosméticos, instrumentos de detección por imagen y nanochips biocompatibles, replantea los criterios evaluativos y regulatorios de los sistemas expertos así como la percepción de la ciudadanía sobre la seguridad terapéutica y la bioseguridad ambiental.

La aguja en el pajar: la toxicidad y la trazabilidad

Los avances de la nanotecnología se presentan como la expresión más amplia, compleja y prometedora del I+D para el desarrollo de la ciencia y la tecnología y, consecuentemente, el beneficio de la sociedad, la conservación del medio ambiente y la sostenibilidad energética y económica. Se trata de una plataforma tecnológica sin precedentes no sólo por la convergencia interdisciplinar que integra la química, la física, la biología molecular, la ciencia de los materiales, la optoelectrónica, la informática y las ciencias cognitivas, entre otras, sino por la amplitud de los proyectos de investigación multipropósito así como su aplicabilidad a la manufacturación de productos nanotecnológicos en todos los sectores industriales. No sólo se aplica el apelativo nano a las diversas ramas del saber, sino que las empresas llevan el término nano en su denominación, y lo asignan en la especificación de sus productos como un valor añadido.

La nanociencia y la nanotecnología constituyen así una fusión de conocimientos y metodologías cohesionados por el estudio de la formación de estructuras y las propiedades de la materia a escala nanométrica, esto es, entre 1 y 100 nanómetros. Son proporciones referenciales que los átomos tengan diámetros de unas pocas décimas o centésimas de nanómetro, la doble hélice de DNA mida dos nanómetros de ancho, un virus medio setenta y

cinco y la cabeza de un alfiler un millón. Así, el apelativo nano no hace referencia a objetos, sino a la escala y características de los materiales –tamaño de la partícula, superficie, cobertura y agregados- cuya manipulación requiere instrumentos microscópicos potentes como el de fuerza atómica (AFM) y el escáner de efecto túnel (STM), así como otros instrumentos y programas como las pinzas ópticas y los simuladores de comportamientos moleculares.

Esto permite hacer intervenciones de abajo a arriba mediante la manipulación de nanopartículas para la producción de nuevas estructuras y funciones así como de arriba abajo mediante la reducción de piezas de materia a dimensión nanométrica con el fin de comprender nuevos fenómenos y así controlar y activar propiedades físicas, químicas, electrónicas, mecánicas y biológicas. A partir de la manipulación de tamaños y formas así como la experimentación sobre la reactividad, la conductividad y la resistencia, el proyecto es desarrollar materiales y estructuras funcionales nanométricas en forma de nanopartículas, nanotubos, fullerenos, nanocables, nanosensores cuyas aplicaciones abarcan los sectores de la salud, la energía, la comunicación, la automoción, la óptica, la electrónica, la alimentación y la cosmética, entre otros.

Las ventajas no vienen dadas por el tamaño, sino que, a esa escala, se incrementa la resistencia, la reactividad, la conductividad, la flexibilidad, la ligereza, y con ello la eficiencia energética y la biocompatibilidad de los materiales y dispositivos en células y tejidos. Por ejemplificar, en el ámbito de la nanomedicina, los productos y las aplicaciones facilitan la nanocirugía mediante el uso de microscopios de fuerza atómica para manipular agujas nanométricas que penetren membranas celulares y nucleares, la infiltración por vía transdérmica de nanopartículas que facilite la dosificación y la absorción de fármacos y que, además, sean dirigibles a órganos diana vehiculizadas de forma magnética para eliminar células cancerígenas mediante hipertermia; y la detección precoz y el diagnóstico con técnicas de imagen que usan nanorecursos de contraste: los puntos cuánticos semiconductores y los biosensores nanométricos, para monitorizar el análisis de parámetros bioquímicos en fluidos o tejidos biológicos; y, entre otros, chips miniaturizados para detectar enfermedades desde el interior de la célula viva, mediante lipofección, o recubrimiento del dispositivo, con una capa de lípidos fusionados con la membrana de la célula y así monitorizar también los cambios en la célula.

En definitiva, la nanotecnología constituye uno de los motores más firmes para el desarrollo industrial y comercial de base tecnológica, no sólo en nanomedicina, sino para la sostenibilidad medioambiental con aplicaciones y productos para disminuir y eliminar la contaminación del agua (remediación), mejorar la eficiencia energética y la velocidad en la

transmisión de la información mediante la nanofotónica, cuyas partículas de luz no tienen masa, en sustitución de la electrónica y, entre otras muchas ventajas, optimizar los embalajes de larga duración aptos para productos de consumo.

Ciertamente, las apuestas por los beneficios de la nanotecnología coinciden cada vez más con los avances resultantes en los proyectos de investigación y el desarrollo de nanoproductos. Reconociendo, pues, la excelencia científica, la competencia tecnológica, la competitividad industrial y los objetivos sociales, sin embargo, este éxito incremental tiene mucho territorio que recorrer en cuanto a identificar las problemáticas, aclarar sus implicaciones culturales, socioeconómicas y jurídicas y darlas a conocer públicamente.

Siendo un campo transdisciplinar ilimitado con aplicaciones ilimitadas y con inversiones y competitividades cuya finalidad es justamente no tener límites, dónde cabe situar las limitaciones. Esto es, la seguridad de esta convergencia tecnológica pluripotencial: por un lado, la detección de la toxicidad y la biodegradación y, por otro, la regulación y el diálogo con la sociedad.

En busca de la seguridad: detección y regulación

En relación a la detección, la preocupación se centra en la miniaturización de los componentes ya que a escala nano las propiedades y el ciclo de vida de los materiales se comportan y modifican de forma distinta a la macroscópica. La toxicidad y la trazabilidad dependen de factores múltiples incluyendo el tamaño, la superficie, la composición química, la forma, la agregación, la cobertura y la solubilidad así como las vías de exposición y polución que, también, varían según sean prolongadas o esporádicas.

Esto abre la caja de los riesgos derivados de los efectos incidentales de los nanoproductos como la toxicidad por absorción gastrointestinal, inhalación pulmonar, inyección, vía transdérmica, y la dificultad de no controlar la trazabilidad ya que en el sistema circulatorio pudieran franquear las barreras hematoencefálica, placentaria y hematoespermática. Y, a estos defectos se añade, la imprevisión en la biocompatibilidad de los dispositivos y la biodegradación de los materiales inertes tanto en los tratamientos clínicos, la cadena alimentaria y la dispersión en el medio ambiente a través de otros organismos vivos, en dispersión y persistencia. Sin olvidar la exposición en los contextos laborales que pueda afectar la seguridad de los investigadores y los trabajadores de la industria hasta los futuros usuarios de estos productos.

En cuanto a la regulación se constatan lagunas en la carencia de información estandarizada sobre el ciclo vital de los nanomateriales y sus productos, el seguimiento de la

seguridad en los procesos de investigación y manufacturación, así como el establecimiento de normativas de evaluación y control transversales que conecten los centros de investigación y la industria tanto a escala nacional como internacional. A esta limitación se suma la carencia de clasificaciones, metodologías y protocolos experimentales estandarizados para examinar el ciclo de vida de los nanomateriales, a la vez que las pruebas se realizan casi exclusivamente *in vitro* sin contar con suficientes estudios y pruebas *in vivo* que aporten datos comparativos.

Así, son limitaciones para establecer la identidad o la especificidad del riesgo nanotecnológico la complejidad de factores que concurren en la toxicidad desde la experimentación hasta la producción, pero también la carencia de una convergencia en las disciplinas, subcampos y metodologías lo cual impide disponer de aproximaciones sistemáticas y comparadas para examinar la toxicología, la trazabilidad y la biodegradación de los nanomateriales en las diferentes formas de biointeractividad.

En algunos países ya se toman medidas para estandarizar y regular la nanopartículas y los nanomateriales ingenierizados en instituciones como la *American National Standards Institute* (ANSI), el *International Council on Nanotechnology* (ICON), la *US Environmental Protection Agency* (EPA) así como la *International Organization for Standardization* (ISO), la *Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos* (OCDE) y otras asociaciones no gubernamentales y ambientalistas. Sin embargo, hay un bajo perfil de respuesta en la coordinación informativa de las instituciones de investigación y los parques empresariales, pero también entre países, por no decir a escala global entre las potencias emergentes (China, India, Brasil, Rusia, entre otras).

Independientemente de la adjetivación, nano o bio, desde el 2000 las agencias gubernamentales e instituciones como la UNESCO han emitido informes para reforzar las estructuras regulatorias existentes y establecer normas más específicas sobre nanomedicina y bioseguridad. En este sentido, no se considera necesario establecer una nueva legislación sobre las nanotecnologías sino que, siguiendo la vigente legislación, se exhorta a cumplir con las guías de conducta y reforzar las metodologías de evaluación de riesgos. Y, progresivamente, la UE ha establecido regulaciones como el «Código de Conducta para la investigación responsable en nanociencias y nanotecnologías», cuyo contenido se orienta a que las universidades, los centros de investigación y las empresas garanticen el desarrollo y el uso seguros de las nanotecnologías.

Se han implicado, asimismo, diversas organizaciones ambientalistas, y numerosos grupos y redes de trabajo, especialmente activos en tratar de identificar los problemas, hacer un seguimiento de las evaluaciones de riesgo, destacar políticas sensibles, desarrollar guías

comparativas y promover acciones para la difusión pública de la información sobre los productos de consumo alimentario, cosmético, tejidos así como biofertilizantes y su impacto ambiental. En sus informes, estas instituciones y organizaciones adoptan diferentes posiciones que, brevemente, se resumen en: recomendar el principio de precaución y establecer moratorias a medida que avance la investigación o bien aplicar regulaciones estrictas a la industria para controlar la producción. Sin duda el juicio moral regulatorio, sea en forma de principio de precaución o moratorias limitativas, se basa en evitar los errores y el sufrimiento. Aún así no se elimina la incerteza pues no hay seguridad sin riesgo. Como señala Sunstein (2006), las posiciones anticipatorias o precautorias pueden incrementar nuevas condiciones de riesgo no solo por el desconocimiento derivado de paralizar las investigaciones sino por fomentar una ética especulativa basada en escenarios de futuro imaginarios.

Los centros de investigación, universidades y agencias gubernamentales y no gubernamentales, nacionales e internacionales, han incorporado tempranamente la evaluación del riesgo como parte de la propuesta y seguimiento de los proyectos de investigación así como de los criterios de admisión en la concesión de patentes. Los centros de investigación propugnan en los proyectos una nanotecnología responsable y sostenible para garantizar el uso seguro de las nanopartículas y los dispositivos nanoestructurados desde la producción hasta la eliminación. Y también las agencias gubernamentales, las asociaciones empresariales y las aseguradoras emiten informes en sus webs y desarrollan guías voluntarias de conducta, de lo cual se hacen eco las revistas especializadas de cada sector en sus editoriales y artículos. Sorprende, no obstante, que ante la complejidad de ciertas áreas y desarrollos en nanotecnología se acuda a códigos de conducta voluntarios, de *soft law*, en lugar de normas jurídicas precisas y vinculantes dotadas especialmente de las correspondientes sanciones jurídicas.

Evidentemente, la sensibilidad ética y la formalización de protocolos corresponden a la madurez creciente de la ética de la investigación inherente a la aprobación de los proyectos y a la deontología profesional. Es observable en los medios de comunicación que, cuando se presentan avances nanotecnológicos, los científicos entrevistados siempre introducen la variable bioética o nanoética. No hay que ignorar que este posicionamiento se transforma en un valor añadido, tanto en la evitación del *institutional risk* en los centros de investigación como en la promoción de la financiación pública y privada pues es una garantía para el desarrollo de aplicaciones comerciales al redundar en la aceptabilidad pública. Incluso la revista *Nature, Nanotechnology* (2007), comenta en su editorial que los gobiernos y las agencias reguladoras deben enfrentarse al problema de que el riesgo no son las nanopartículas

sino la reacción del público contra la nanotecnología. No es de extrañar, pues, que siendo las inversiones en este sector y los intereses del mercado farmacológico e instrumental tan grandes, haya una enorme preocupación por detectar a tiempo riesgos de toxicidad y trazabilidad y evitar alarmas en el ámbito de la biomedicina, el medio ambiente y la bioseguridad. Son más de 70 países los que ya tienen en marcha proyectos y programas en investigación nanotecnológica, financiada con fondos públicos y privados, cuyas cifras millonarias implican una alta competitividad en la consecución de las patentes más provechosas y llevan aparejados intereses industriales y comerciales significativos, cuyos productos ya no son una apuesta sino que se estiman en centenares disponibles en el mercado.

Sin embargo, si al parecer los riesgos se evalúan y se gestionan responsablemente, ¿dónde cabe situar los problemas relativos a la percepción de vulnerabilidad potencial? ¿Y cómo se orienta una participación pública responsable?

Vulnerabilidad y Nanodialogo

Los centros de investigación y las organizaciones internacionales coinciden en centrar sus esfuerzos en la evaluación del riesgo, sin embargo, esta información probabilística no subsana la vulnerabilidad de los usuarios potenciales puesto que la transferencia informativa solo interesa por la aceptabilidad social. Disponer de información probabilística sobre la incidencia de riesgos no quiere decir reducir la vulnerabilidad puesto que los tratamientos y las exposiciones ambientales, no solo abarcan la intimidad del cuerpo físico, sino que afectan bienes, valores y derechos tales como, la autonomía, la privacidad, la calidad de vida y la seguridad. Y esto es extensible a la exclusión denominada “brecha nano” cuando de salud global se trata, tanto si los países terceros son excluidos de los tratamientos como si la productividad a gran escala puede plantear una distribución exagerada para abaratar costes. Ambos casos generan efectos perversos de injusticia distributiva.

Hay que hacer notar que en el desarrollo de los Objetivos del Milenio (ONU) se considera la necesidad de ordenar la investigación científica actual con la participación de todos los actores en presencia y la identificación de su incidencia en la protección de los derechos humanos internacionalmente reconocidos. Ciertamente, la Comunidad Europea ha promocionado programas marco, VI y VII, en los que la investigación y el desarrollo incorporan capítulos o *calls* abiertos para estimular líneas de investigación que mejoren las metodologías de evaluación, sean transversales y sostenibles. Pero no solo para proyectos y redes de expertos sino para abrir vías, imaginativas y rigurosas, que permitan subsanar el “modelo deficitario” que indica que la gente desconfía de la ciencia no porque sea ignorante

sino por tener buenas razones.

La alfabetización científica permite ser un ciudadano más activo y efectivo pues comprender la ciencia y la tecnología incrementa la competencia para ejercitar la capacidad de decisión y evitar desconfianzas inconducentes, por lo que es clave identificar los problemas que hacen que la transferencia de conocimiento sea inaccesible a la ciudadanía. No es suficiente con hacer accesible la información si simultáneamente no se promueve el debate, esto es, se aportan métodos que abran vías de diálogo para que todo conato de informar fragmentariamente o desinformar interesadamente sea imposible. Y, consecuentemente, se adquiera capacidad para opinar y deliberar sobre el interés de seguir financiando proyectos de investigación y productos de acuerdo a prioridades públicamente definidas.

En este sentido, son diversas las vías y las actividades que se promueven para desplegar el diálogo nanociencia-sociedad, entre otras las que, a partir de 2007, se han ido realizando en el parque científico de la Universidad de Barcelona. En este sentido, en Bruselas se participó^{iv} en la conferencia final sobre el Proyecto Nanodialogue, financiado por la DG Research European Commission, dentro del VI Programa Marco, orientado precisamente a debatir algunos de los problemas conceptuales y metodológicos que favorecen o bloquean el desarrollo del nanodiálogo (Buxó, 2008). Y, entre otras actividades, potenciar la apertura de puertas de los laboratorios, realizar conferencias y exposiciones sobre nanotecnología en facultades y en museos de la ciencia y, a través de las mismas, dinamizar diferentes grupos de edad en escuelas y barrios mediante talleres científicos. Estos sirven para generar aprendizajes con juegos y dibujos, promover actitudes que se expresan en comentarios y relatos y, posteriormente, la realización de encuestas. Sin olvidar otros proyectos como la formación de los que realizan estas actividades, por ejemplo, los Trams: *training and mentoring of science shops*. En cualquiera de estas actividades, no solo hay transferencia informativa, sino que se pueden obtener narrativas de gran valor etnográfico para localizar las suspicacias y las preocupaciones que pueden facilitar o bloquear el diálogo y también evaluar la adquisición de criterios para fundamentar el rechazo o la aceptabilidad.

De interés son las preguntas que surgen de estos diálogos incipientes: ¿Cuánto se tiene que profundizar en esos conocimientos para poder ser competente o descartar propagandas científicas irrelevantes? ¿Hasta qué punto el participar en el nanodiálogo va a influir en priorizar líneas de investigación y seguir metas correctas? ¿En qué se beneficia la investigación en nanociencia y la nanotecnología de la promoción de una mayor comprensión pública? ¿Por qué las instituciones de investigación y las políticas científicas de la

Comunidad Europea tienen tanto interés en invitar a la ciudadanía a dialogar e invierten tantos fondos públicos con ese fin?

Trabajar estas preguntas nos da a entender lo fácil que es proponer el diálogo y la dificultad de darle contenido y viabilidad. En estos aprendizajes, unos aspectos se hacen más relevantes que otros, y así cabe destacar: las dicotomías, las simetrías entre sustancias y accidente y los escenarios de futuro.

En el primer caso, conviene evitar el uso abusivo que se hace de la dicotomía beneficio/riesgo para enmarcar los objetivos y los resultados probables de estos proyectos tecnocientíficos ya que, como en todo sistema clasificatorio, se llenan de valores opuestos, incluso en contradicción. En artículos, exposiciones y presentaciones públicas, es frecuente que el relato nanotecnológico se presente como un sistema contable: control vs. resultados accidentales, autonomía vs dependencia tecnológica, mejora de las condiciones de vida vs introducción de mecanismos incontrolables. Enfrentarse a problemas complejos en términos dicotómicos induce a producir formas restrictivas de identificar los problemas y de posicionarse. Incluso, después de un vivo debate, el patrón dual tiende a reconducir a los participantes a sus viejas ideas y posiciones irreconciliables y, lo peor, liquidar el diálogo en forma de fatalismo o conspiración.

Liberarse de este patrón y buscar una aproximación más interactiva y progresiva nos lleva al segundo punto. Es recomendable introducir puntos de partida más ambiguos, simétricos y transitivos que activen la idea que donde hay luz y objetos, hay sombras. Precisamente, en el territorio nano se rompen muchas distinciones entre ciencia y tecnología y entre disciplinas, y la escala nanométrica produce nuevas propiedades, sistemas, funciones, instrumentos y manipulaciones. Por lo tanto, hay que aceptar la ambivalencia y la incerteza, por no decir el error, como parte de la construcción de este conocimiento científico y sus aplicaciones. Y, de igual manera reconocer la simetría entre sustancia y accidente pues, como indica Virilio (1997) inventar el tren, el coche y el avión, es a la vez inventar las colisiones y las catástrofes. Es importante así incorporar al diálogo el hecho que cada adelanto científico y técnico trae consigo el accidente como posibilidad ya que todo eufemismo o encubrimiento, o incluso buscar reglas de evitación o refugiarse en principios de precaución *per se*, no producen automáticamente seguridad.

Y, en tercer lugar, en documentos diversos procedentes de centros de investigación, organizaciones y agencias de la Comunidad Europea, en su gran mayoría propiciados por ELSI ^v, se recomienda un tratamiento prospectivo para animar el nanodiálogo usando la simulación y la ficción como recursos metodológicos que permitan explorar y evaluar

escenarios de futuro. Ciertamente, el aura de la ficción nano es tan atractiva que los expertos encuentran gusto en construir ciencia ficción para explicar sus proyectos, lo cual parece funcionar como argumentos de venta en su distribución a los medios de comunicación. Los nanorobots, los nanonavegadores y su capacidad inmersiva en los flujos corporales son ingredientes suficientes para desatar la imaginación, incluso cuando el experto pretende luchar contra lo que se podría sobrentender como parte ficticia o irrealizable del proyecto. Esto es así en el texto de Drexler en *Engines of Creation* (1986), pero todavía es más notorio en las explicaciones del premio Nóbel, Richard Smalley (2001), cuando quiere aclarar la imposibilidad de que los nanoviscosos, los *gray goo*, se autorepliquen ad infinitum.

Sin duda, la mezcla de ficción y datos científicos produce escenarios de futuro que resultan fascinantes a todas las edades, sin mencionar el aprecio a los futuribles de los medios de comunicación. Sin embargo, introducidos en el diálogo tienden a distorsionar los datos y generar inconsistencias en los argumentos. De un modo semejante a los inconvenientes que produce en los modelos prospectivos introducir variables utópicas, lo cual inutiliza todos los indicadores. Por ello, los escenarios prospectivos son una buena metodología para alimentar la conciencia y la discusión, sin embargo, una contextualización inadecuada hace que se introduzcan valores que remiten a viejas ideas morales, a héroes y personajes. Son, sin duda, un estímulo para construir narrativas que permiten analizar tensiones y ansiedades, convicciones y creencias, pero no necesariamente inducen a elaborar opiniones o argumentos ni incrementan la capacidad de negociar y pactar metas.

Las experiencias dialógicas de la nanotecnología requieren una metodología de escenarios pero con el fin de enfocar el presente. En lugar de trabajar con conjeturas, resulta más motivante incorporar el estado actual de la relación entre investigación y patentes, la financiación y las prioridades de la investigación, y, entre otros, la división o brecha nano que abre la discusión sobre la distribución desigual de los beneficios de estas costosas investigaciones. Prácticas y contextos en los que se puede aprender como se definen los problemas, se valora la ética de la investigación en el diseño de los proyectos y se elaboran las prudencias y precauciones cuando se trata de llegar a consensos con los que dirigen las políticas científicas, establecen las prioridades e influyen sobre las decisiones relativas a la seguridad en los procedimientos de la investigación y sus aplicaciones.

Asunción del riesgo y Transversalización responsable

Todos estos aprendizajes cuyo fin es el nanodiálogo requieren, además, ampliar la consciencia individual en la dirección de la asunción del riesgo y la consciencia pública en pos de la transversalidad responsable.

La asunción del riesgo se aleja de la aceptabilidad sin reservas, lo cual sería equiparable a clasificarse con las mentes y cuerpos biopolíticamente dóciles. Más bien implica incorporar el riesgo sin hipocresías como una forma de vida. Admitir, más allá de los datos, ideas, suposiciones y temores, que los riesgos están tanto en la modificación tecnológica incontrolada de la naturaleza como en la incapacidad cultural –ideas, valores y creencias- para encarar el diseño de nuevas realidades sociales y tecnológicas. Y con esta consciencia aprender a conjugar las representaciones en competencia que se expresan en argumentos, narrativas e imágenes publicitarias, con asumir decisiones que, aunque “bien” informadas, van a consentir o denegar exploraciones y tratamientos nanomédicos, la utilización de cosméticos y nanotextiles así como productos diversos de limpieza y remediación ambiental.

En cualquier caso, el objetivo es ir más allá de la evaluación técnica que tiende a culminar en la contraposición riesgo-beneficio, y pasar del énfasis en la incerteza a la equidad. Pero, aún más, esta equidad no hace simplemente referencia a una justicia normativa aderezada por la mala consciencia que busca la beneficencia y la solidaridad en remedio de la maleficencia y la marginalidad. Los derechos humanos y los principios y protocolos bioéticos no cubren con normativas y mecanismos de protección la complejidad de la asunción del riesgo y la redistribución equitativa de los avances y las aplicaciones nanotecnológicas. En nombre de valores universales, la protección no puede secuestrar las experiencias o repertorios de riesgo pues, no siendo los mismos en diferentes lugares y circunstancias, tienden a confundirse las responsabilidades y/o asignarse culpabilidades ad hoc. Se trata, pues, de promover una “justicia situada” que sea referente y garante de la distribución de los bienes, los riesgos y los gastos, así como la organización de los derechos y las obligaciones en sintonía con los debates y las decisiones relativos a estos avances nanotecnológicos. Por todo ello, cabe entender que lo justo es distribuir el riesgo inevitable capacitando para desarrollar razones, asumir compromisos, tomar decisiones personales y participar en la deliberación pública.

Hasta aquí todo lo que hace referencia a situaciones de riesgo y vulnerabilidad pone en evidencia que no son definibles como problemas aislados, sino como procesos interactivos en los que concurren todos los niveles de realidad, sea material, temporal, espacial, institucional, organizativo, y psicosocial, además, de la interconectividad a escala mundial. Por lo que

toda implicación social, ética y jurídica requiere, además, redefinir las condiciones del problema de forma transdisciplinar, transinstitucional y transnacional.

A la complejidad de la nanociencia y la nanotecnología, los intereses diversos en las aplicaciones y productos industriales y las altas cifras que acompañan las inversiones privadas y públicas, se suma el hecho que las disciplinas, los investigadores, y las industrias, y las instituciones reguladoras de la política, la jurisprudencia y los medios de comunicación, no constituyen un grupo homogéneo en la representación y la evaluación del riesgo por estar, supuestamente, asociadas a operaciones de poder, interés y valores en competencia. Así, cada cual mantiene los principios deontológicos que corresponden a sus especialidades específicas así como las regulaciones de seguridad propias de cada disciplina y sector industrial, tanto en los laboratorios como en la comercialización. Y esto también afecta las formas de hacer transitar la información entre los centros de investigación, los laboratorios industriales, y, en especial los medios de comunicación y la ciudadanía, por ejemplo, en relación con la selección de prioridades científicas y económicas, la creación de sombras de riesgo o la disolución de problemas cuando dejan de tener actualidad.

En este sentido, las representaciones y evaluaciones de estos avances científicos y sus aplicaciones son locales más que universales lo cual activa percepciones y respuestas por parte de la ciudadanía, los medios y los políticos también particulares, alarmistas y electorales. Al no ser las evaluaciones unitarias y la previsibilidad resultante dudosa, sin poder identificar quien o qué instituciones definen y problematizan, dan contenido a las normas, distribuyen el riesgo, asignan los costes, regulan la solvencia y trasladan el conocimiento del sistema experto a la ciudadanía, la desconexión entre estos sectores es lo que impide generar seguridad e imputar responsabilidades. Además de facilitar las latencias y las tramas sobre las que se teje y amplifica la percepción de riesgo.

Teniendo en cuenta, pues, que los estilos de práctica científica, política, industrial y comunicativa pueden considerar los problemas de riesgo de forma distinta, lo cual tiende a producir representaciones científicas y éticas en competencia y en conflicto, se hace necesario transversalizar la información para redimensionar y vectorizar las evaluaciones con bases de datos cruzados que sirvan para aclarar, entre otras muchas cosas, la prioridad en las líneas de investigación, la financiación de las inversiones, la difusión selectiva de las noticias científicas y el tratamiento de los indicadores de seguridad, por ejemplo, en la información comercial sobre el etiquetaje y la posología de los nanoprodutos.

En 2010, el grupo de opinión del Observatorio de Bioética y Derecho elaboró un documento sobre “Nanotecnología y Bioética Global”^{vi} como un ejercicio de ética reflexiva

y aplicada en la dirección de proponer criterios y recomendaciones de transversalidad a cinco sectores clave: a los institutos y centros de investigación, a las compañías e industrias de productos nanotecnológicos, a los poderes públicos, a los medios de comunicación y a la ciudadanía. Y así se establecieron correlaciones entre las áreas de acción de estos sectores cruzando la identificación de problemáticas concretas con criterios bioéticos de responsabilidad, seguridad, transparencia, colaboración y participación. En definitiva, un documento orientado a que el conocimiento científico y la evaluación de las aplicaciones nanotecnológicas se crucen y transiten con criterios y argumentos humanistas que avalen un debate transparente, realista y eficaz en la generación de opinión pública por parte de la ciudadanía y las organizaciones profesionales y de consumidores.

Desvelar estas complejidades implica que hay que leer los problemas con enfoques de transversalidad responsable implicando a todos los sectores de la investigación nanocientífica, los proyectos industriales, los intereses políticos internacionales, las políticas públicas, las legislaciones nacionales y los tratados internacionales. Por el momento, sin embargo, sería un avance buscar vías para estimular la co-participación y el co-aprendizaje puesto que lo deseable sería que los avances nanotecnológicos ofrecieran una oportunidad para conseguir una co-evolución de las tecnologías emergentes con la sociedad basada en las necesidades humanas, la justicia social, la sostenibilidad y la bioseguridad.

Ya decía en 1985, Barbara Culliton que:

“Public participation is not dangerous for the scientific enterprise. It’s time consuming and it is likely to lead to restraints that previously were not imposed. Nevertheless the restraints that come from ethical considerations cannot be dismissed as inappropriate. In any case, they are part of the social cost of democracy” (147).

Bibliografía

- Beck, U. *Risk Society*, London, Sage, 1992.
- Buxó Rey, M.J., Science in a cultural key, Barcelona, *Contributions to Science*, 2, (4) 525-528, 2004.
- Nanodiálogo, *Revista de Bioética i Dret*, 12, 2008. www.bioeticayderecho.ub.es
- Culliton, B. The public and the media, R. Clarke (ed.) *Science and Technology in World Development*. Oxford, Oxford University Press, p.147, 1985.
- Douglas, M. *La aceptabilidad del riesgo según las ciencias sociales*. Madrid, Paidós, 1996.
- Drexler, E. *Engines of Creation*. New York, Anchor Press, 1986.

- Giddens, A. 1991, *Modernity and Self Identity: Self and Society in the Late Modern Age*. Cambridge: Polity Press, 1991
- Consecuencias de la modernidad*. Madrid, Alianza Editorial, 2004.
- Latour, B. *Ciencia en acción*. Barcelona, Editorial Labor, 1992 .
- Nature, Nanotechnology* Editorial, 2, 2007.
- Sahlins, M. *Cultura y Razón Práctica*. Barcelona, Gedisa, 1988.
- Sunstein, C.R. *Leyes del miedo. Más allá del principio de precaución*. Madrid, Katz Discusiones, 2006.
- Smalley, R.E. “Of Chemistry, Love and Nanorobots”, *Scientific American*, 285, (3), 76-9, 2001.
- Snow, C.P. *The two cultures and the Scientific Revolution*. New York, Cambridge University Press, 1959.
- Virilio, P. *Un paisaje de acontecimientos*, Buenos Aires, Paidós, 1997.
- Woolgar, S. *Ciencia: Abriendo la caja negra*. Barcelona, Editorial Anthropos, 1991.

ⁱ Esta investigación se ha realizado participando desde el 2004 en una red de excelencia europea en Nanotecnología –Nano2life- y en el *Proyecto A network for bringing nanotechnologies to life*, Comité de Dirección Wordpackage on Ethics (WP4) del Parque Científico de U.B. Y desde el 2007 en un Proyecto del Ministerio de Ciencia y Tecnología, “Nanobiolaw: implicaciones éticas, sociales y jurídicas de las Nanotecnologías” en el Observatori de Bioètica i Dret y en colaboración con el Área de Comunicación del PCB.

ⁱⁱ A. Giddens (2004), el cocoon protector hace referencia al sustrato de confianza personal resultado de la seguridad que aporta la rutina en un mundo sin sobresaltos.

ⁱⁱⁱ Teorías del riesgo (Beck, 1992, Giddens,1991), las teorías simétricas (Latour, 1992), los estudios sociales de ciencia y tecnología así como las etnografías de laboratorio (Woolgar, 1991). Sin olvidar la aportación antropológica de Douglas (1996).

^{iv} Brussels, European Parliament, 5th of February, 2007, promoted by the DG Research European Commission and organised by the NanoDialogue Consortium

Nanotechnologies and nanosciences: a discussion on ethical, legal and social aspects

THIRD SESSION - Round table on Nanotechnologies today and tomorrow: current research and possible future concerns

Chair: Renzo Tomellini, Head of Unit, Nano and Converging Science and Technologies, European Commission

Speakers:

María Jesus Buxó i Rey, Professor of Social and Cultural Anthropology, University of Barcelona, Observatory Bioethics and Law, Barcelona Science Park, Spain

Dominique Grand, MINATEC, Commissariat à l'Energie Atomique, France

Wolfgang Heckl, Director of the Deutsches Museum, Munich, Germany

Simon Joss, CSD, University of Westminster, London, UK

Doug Parr, Chief Scientist, Greenpeace UK

Vinod Subramaniam, Professor of Biophysical Engineering, University of Twente, The Netherlands

^v Ethical, Legal and Social Implications, European Union.

^{vi} M. J. Buxó, M. Casado, Documento "Nanotecnología y Bioética Global" del Grupo de Opinión del Observatori de Bioètica i Dret, 2010, [revistes.ub.edu/index.php/RBD/article/...](http://revistes.ub.edu/index.php/RBD/article/)