

Lo que sabemos e ignoramos: del conocimiento cotidiano a la comprensión de la tecnociencia *

What we know and what we do not know: from common knowledge to the comprehension of technoscience

Clara Barroso **

La difusión social de la ciencia y la tecnología es un tema recurrente en diferentes foros de política educativa, así como en foros científicos. Es un tema crucial en los foros de discusión sobre la gobernanza de la ciencia y en los debates sobre ética y ciencia. En la revisión de la documentación al respecto se encuentran afirmaciones sobre la necesidad de una adecuada alfabetización y difusión de conocimientos científicos y técnicos, y de una actualización en los currículos de educación formal, pero sin abordar el análisis de los componentes cognitivos que hacen posible que las actuaciones propuestas generen el resultado deseado: la comprensión de las nuevas teorías y realizaciones tecnológicas que de ellas se derivan y conforman el entorno científico actual. A menudo se omite igualmente la necesidad de proyectar procesos de actualización del conocimiento que operen en contextos sociales amplios como instrumento para el logro de una ciudadanía cualificada para evaluar la deseabilidad social de tecnologías que se están incorporando a la vida cotidiana, como es el caso de la nanotecnología. Este trabajo reflexiona sobre ambos aspectos, buscando las claves que impulsen propuestas de formación, actualización y difusión social de los conocimientos techno-científicos.

127

Palabras clave: difusión social de la tecnociencia, construcción de conocimiento significativo, educación formal, evaluación social de la tecnociencia

The social diffusion of science and technology is a recurring topic in both education policy and science forums. It is also a crucial topic in forums discussing governance of science and in debates on ethics and science. Numerous documents covering this topic find assertions on the need to diffuse scientific and technical knowledge, promote literacy in these areas and update the formal education curricula, but they do not provide an analysis of the cognitive components that make it possible for the proposed actions to generate the desired results: the comprehension of new theories and the technological achievements that are derived from them and make up the current state of science. Frequently omitted is also the need of promoting and updating knowledge processes, in order to operate in broad social contexts and achieve a public capable of evaluating the social desirability of all those technologies that are being incorporated into daily life, such as nanotechnology. This work reflects upon both aspects and searches for the keys to promote training, update and diffusion of techno-scientific knowledge to society.

Key words: social diffusion of technoscience, construction of meaningful knowledge, formal education, social evaluation of technoscience

* La investigación que se recoge en este texto ha sido apoyada por la Agencia Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) mediante el proyecto "Evaluación del proceso de transferencia de nuevos materiales nanotecnológicos en equipos de diagnóstico y tratamiento médico", Evalnanomed (C200801000076).

** Profesora Titular de la Universidad de La Laguna. Doctora Asociada en el *European Centre for Soft Computing* (Mieres-Asturias, España).

Introducción

En el documento de la Unión Europea *Communicating Nanotechnology* aparece la idea de cambiar el modelo basado en “comprensión pública de la ciencia” a otro basado en una “comprensión científica de lo público” (*European Commission, 2010: 33*).¹ Este trabajo se inicia desde esa necesidad de analizar racionalmente lo público a la hora de abordar los problemas de difusión social de los conocimientos científicos y tecnológicos, comenzando con la aproximación a lo que denominaremos “conocimiento cotidiano”.

Inicialmente podemos aproximarnos al conocimiento cotidiano desde lo que Bruner define como “la psicología popular”. Esta psicología popular se construye desde los iniciales procesos comunicativos en los que la narración compartida construye los entornos de significación de los objetos y del mundo que nos rodea y en el que los procesos sociales se producen.

De este modo la psicología popular nos inicia en los procesos de comprender, mediante la creación de “actos de significado”, quiénes somos (“el yo”), quiénes comparten con nosotros el tiempo y el espacio (“los otros”), y el entorno en que se producen los procesos de comunicación entre los humanos (“el mundo”) (Bruner, 1991). En estos procesos de intercambio de comunicación se generan y desarrollan los contextos de interpretación que aportan las claves para discriminar entre cosas tales como la experiencia real y la experiencia narrativa y que constituyen los basamentos del conocimiento que cada individuo va a desarrollar a lo largo de su vida. Esta distinción permite comprender lo que es real en el ámbito de la experiencia compartida y lo que es subjetivo (tanto en términos de individuo como en términos de grupos sociales).

128

1. La construcción del conocimiento cotidiano: el punto de partida

El conocimiento cotidiano se asienta en las representaciones abstractas de las percepciones de objetos que pertenecen a la realidad de nuestra experiencia vivida. Así, el primer escalón del conocimiento lo constituyen las oportunidades del entorno físico en que cada individuo se desarrolla, los estímulos que pueden procesarse orgánicamente. Se necesitan experiencias e interacción física con el mundo real para obtener percepciones sensoriales. Asignando significado a estas percepciones sensoriales comprendemos el mundo real en que estamos inmersos; por ello, estas experiencias físicas son la base de la construcción del “acervo de significados” que cada individuo empleará en su comprensión de la realidad en que se desarrolla.

El segundo escalón está vinculado a la capacidad (que es en parte intrínseca y en parte inducida por el contexto en que cada individuo comienza su desarrollo cognitivo) que cada individuo posee para compartir significados de los estímulos físicos que

1. En inglés, “*public understanding of science*” y “*scientific understanding of public*”.

puede procesar cerebralmente. En este nivel, el proceso de construcción de significados está fuertemente mediatizado por el contexto cultural (significados compartidos) en que cada individuo experimenta los estímulos físicos; así, el aprendizaje del acervo de significados compartidos es la puerta de acceso a la cultura del grupo.

El lenguaje, como instrumento de construcción de significados, es en este ámbito fundamental. Un ejemplo clásico es el del dominio lingüístico de los inuit; para ellos carece de significado el término “nieve”. En su cultura existen términos para designar “nieve en el suelo”, “nieve derretida”, “nieve en el aire”. En el contexto físico (Ártico) en que se desarrolla su cultura, es crucial para la supervivencia el percibir los diferentes estados de la nieve, por lo que se atribuyen distintos significados a cada uno de los posibles estados. Mediante estos diferentes significados conocen los problemas a que se pueden enfrentar y se atribuyen posibles soluciones a diferentes problemas. Por tanto, el compartir significados permite la interacción adecuada con otros individuos de un mismo entorno físico y cultural y compartir dicho conocimiento para tomar decisiones. La interacción con el entorno físico para adquirir significados exige actuar en el medio y la interacción con el entorno social permite compartir significados en ese contexto, lo que requiere actuar en sociedad. Ambos aspectos serán cruciales para construir lo que Dewey va a denominar la “construcción de la experiencia compartida” (Dewey, 2007).

En conclusión: la percepción es imposible sin experiencias físicas; el significado viene determinado por el entorno en que la percepción tiene lugar y dicho significado no se construye al margen de la experiencia social del contexto físico.

129

En su fase inicial, este proceso se produce en el contexto inmediato de cada individuo de forma espontánea y constituye los primeros elementos de construcción de su conocimiento. Es lo que podemos denominar como educación informal. En las sociedades de conocimiento y tecnología complejas, tras esta primera experiencia de acceso al entorno cultural, se inicia el proceso de formación sistemática vinculada al acceso al conocimiento por medio de la educación formal.

La educación formal está vinculada al acceso a los conocimientos que la sociedad, a través de los expertos y responsables políticos, decide que son los necesarios para comprender el mundo en que este individuo ha de vivir: el currículum. Se espera que este currículum sea la puerta que permita dotar de significado a todo aquello que no forma parte de su experiencia cotidiana. Así se inicia un nuevo proceso en que experiencias indirectas (contenidos) han de entrar a formar parte de su acervo de conocimientos y se inicia el proceso que hará posible dotar de significado a realidades que no se perciben ni forman parte de la experiencia cotidiana: se accede al conocimiento científico. Así surge lo que vamos a denominar el conocimiento cotidiano de lo no cotidiano.

2. El conocimiento cotidiano de lo no cotidiano

La mayor parte de las realidades sobre las que reflexiona la ciencia son realidades que no forman parte de las experiencias que, como organismos y miembros de una sociedad, podemos percibir: las formas de vida microscópicas o no vinculadas a nuestro entorno (bacterias, formas de vida de los fondos abisales o en cráteres); entidades abstractas como teoremas o reglas lingüísticas; realidades macroscópicas, como las galaxias o ínfimas como los elementos atómicos; procesos que se producen en escalas temporales que superan la experiencia directa por producirse en escalas temporales lentas (crecimiento, evolución de especies) o rápidas (reacciones químicas); propiedades que se pueden medir indirectamente pero que no son sensorialmente perceptibles (conductividad de la electricidad o del calor). Todo ello son ejemplos que, formando parte del conocimiento científico, exceden los límites de percepción que se posee en la experiencia inmediata del medio en que se desarrolla nuestra vida cotidiana. La primera barrera, por tanto, a la hora de conocer muchos de los objetos de estudio de la ciencia es una barrera de tipo físico.²

Junto a esta barrera física se debe considerar la barrera cognitiva. En el ámbito cotidiano, la experiencia aporta la adquisición de informaciones que poseen significado en la medida en que capacitan para resolver los problemas a que nos enfrentamos en nuestra vida cotidiana. La resolución satisfactoria de estos problemas refuerza las evidencias empíricas que forman parte del acervo de conocimientos de los individuos que comparten una cultura. Es un proceso inductivo en el que la validez de un método para la resolución de problemas significativos refuerza e incrementa la fiabilidad de unas opciones posibles en la resolución de problemas de acuerdo con los resultados obtenidos. Este acervo no es sistemático, no se desarrolla mediante pautas organizadas de razonamiento e indagación ni se fundamenta en patrones o modelos racionales previos; no es universal, es contingente a las experiencias que se desarrollan en el contexto en que se desenvuelven los sujetos, y ese contexto es tanto físico como cultural.

Más aún, diferentes entornos en un mismo contexto cultural puede atribuir significados distintos a una experiencia. Es el caso de la construcción de significados inducida por el entorno en que se produce una experiencia, tanto en ámbitos de la vida cotidiana como en ámbitos científicos. Así lo que en una panadería significa “pan” es diferente a lo que significa “pan” en una orfebrería; lo que para una persona en una verdulería no es más que una “romanesca” en el contexto de las matemáticas puede interpretarse como un modelo fractal; lo que significa “plasma” para un médico es diferente de lo que significa para un físico.

2. Esta característica es especialmente relevante en el caso de la nanotecnología ya que opera con objetos de dimensiones (nanómetros) que exceden por abajo, evidentemente, el rango de tamaño que los humanos podemos percibir sensorialmente.

3. Comunicar lo que no pertenece a la experiencia cotidiana

En un intento de acercar el conocimiento científico a los parámetros de la experiencia cotidiana, se han elaborado imágenes, metáforas, representaciones o modelos que pretenden acercar la realidad objetiva que no podemos percibir a parámetros que hagan posible que esos mundos formen parte de nuestra experiencia sensorial. Estos recursos formarán parte de lo que vamos a considerar el “conocimiento cotidiano de lo no cotidiano”. La representación del código genético mediante el modelo espiral de apareamiento de bases; la representación mediante imágenes de fotografías cromatografiadas de galaxias; las representaciones icónicas de modelos atómicos; las ilustraciones de nanotubos, o las imágenes cromatografiadas de átomos en experimentos nanotecnológicos son ejemplos de este tipo de intervención. A través de estas representaciones nos iniciamos en el “conocimiento cotidiano de lo no cotidiano” mediante la evocación e interpretación de imágenes que no corresponden la realidad objetiva sino que son la expresión, a nivel sensible, de esas realidades que no son perceptibles.³

Estos recursos, desarrollados en el ámbito cercano a la ciencia, son comprendidos por la comunidad científica, capaz de “interpretar sus significados”; sin embargo, en el entorno social no especializado (si bien pueden ser de gran valor para incitar la imaginación), es necesario que sean comprendidos como lo que son: una representación, no una realidad. Comprender la distancia entre lo representado o imaginario y la realidad requiere del conocimiento que permita transitar entre estos dos mundos: el de lo real y el de la representación. Requiere de los recursos cognoscitivos que permitan comprender los límites entre lo real y lo narrativo.

131

En este cometido dos son los instrumentos a nuestra disposición: por un lado la educación básica obligatoria (educación formal), y por otro, la difusión social del conocimiento.

La educación básica obligatoria requiere, como se ha indicado, de una puesta al día que, lejos de constituir una simple modificación del currículo, debería orientarse por lo que ya en 1980 proponía Ziman, a saber: enseñar menos de la ciencia y más sobre la ciencia (Ziman, 1985). No es cuestión de engordar currículos incorporando más temas, sino de hacer revisiones profundas sobre las informaciones que los estudiantes, en el mejor de los casos, van a “aprender”. Comprender la ciencia no es saber más teorías o teoremas: es comprender el sentido de este conocimiento y cuáles son sus fundamentos epistemológicos, metodológicos y sus objetivos. Hacer de la formación básica el pilar de la comprensión es “educar” por encima de “enseñar”; es “comprender” por encima de “aprender”; en suma es permitir que lo que se enseña y se aprende sea significativo para entender el mundo en que nos movemos.

3. A estos recursos, aceptados convencionalmente por la comunidad científica, habría que añadir las representaciones que, desde el mundo de la ficción, se proponen (en ocasiones cercanas a la realidad científica y en muchas más ocasiones alejadas de la misma). Todo ello formará parte de la imaginaria cotidiana de la ciencia.

Sobre la difusión social de los conocimientos científicos, si bien es un tema ampliamente contemplado en foros de discusión científicos, no se han realizado análisis realistas sobre el mismo, lo que exige, entre otras cosas, del reconocimiento en la propia comunidad científica de la relevancia de esta ocupación. Paradójicamente, cada vez son más los intereses en hacer comprender la importancia de la investigación científica, ya que se confía en que esta comprensión incrementaría tanto la gobernanza social de los productos tecnocientíficos, como la propia aceptación de muchos de estos productos que, en ocasiones, son socialmente rechazados por falta de conocimiento real de sus beneficios y riesgos asociados.

En consecuencia, la difusión social del conocimiento queda sujeta a acciones voluntarias que carecen del reconocimiento y sistematicidad necesarias para constituir una herramienta que permita que los ciudadanos no científicos comprendan significativamente cuáles son los logros, desafíos y riesgos de la producción científica y tecnológica. Más aún, estas acciones son puntuales y carecen de la proyección temporal necesaria para constituir un instrumento no sólo de acceso al conocimiento actual, sino (más importante) de actualización permanente.

4. I+D+i y la comprensión de la ciencia y la tecnología

Durante periodos anteriores a la revolución industrial, la producción científica se movía en el campo no profesional; a medida que se descubren posibilidades de utilizar el conocimiento científico para producir bienes de interés económico o social, se profesionaliza no sólo el quehacer del investigador sino también su potencial en el desarrollo de aplicaciones. Esto plantea un nuevo escenario en que los investigadores se comprometen con la necesidad de justificar su labor en términos de aplicabilidad.

A mediados del siglo XX ya se proponían prospectivas de desarrollos intelectuales exagerando (como hoy sabemos) la potencialidad de estos desarrollos en su dimensión aplicada. Una muestra de ello es el ejemplo siguiente:

“Resumiendo, tenemos ahora los elementos de una teoría heurística (en contraste con algoritmos) de solución de problemas; y podemos usar esa teoría tanto para entender los procesos heurísticos humanos como para simular esos procesos en computadores digitales. La intuición, comprensión y aprendizaje ya no son posesión exclusiva de los humanos: cualquier gran computador puede ser programado para mostrar también estos procesos” (Simon y Newell, 1958).⁴

4. *“In short, we now have the elements of a theory of heuristic (as contrasted with algorithmic) problem solving; and we can use this theory both to understand human heuristic processes and to simulate such processes with digital computers. Intuition, insight, and learning are no longer exclusive possessions of humans: any large high-speed computer can be programmed to exhibit them also.”*

Actualmente nos encontramos en una dimensión cualitativamente distinta. A diferencia de lo que se exigía a la producción científica en el siglo XX, lo que pretende la I+D+I en el siglo XXI se fundamenta en una filosofía vinculada a la generación de insumos económicos. Así, en 2006 Esko Aho afirma:

“Investigación es invertir dinero para obtener conocimiento, mientras que innovación es invertir conocimiento para obtener dinero”.⁵

En este contexto las perspectivas e interés de los desarrollos científico-tecnológicos se justificarán, por tanto, en su capacidad de incrementar las ganancias financieras; la importancia que esta tendencia adquiere impulsa la necesidad de justificar la relevancia de la investigación científica en términos monetarios.

“Hace cinco años, el editorial en el primer número de Nature Nanotechnology comenzaba como sigue: ‘Dependiendo de a quién preguntes, la nanotecnología se inició en 1981, 1974, 1959 o en la Edad de Bronce’. Esto es aún cierto. ‘Y depende de lo que consideres, y las definiciones que se utilicen’, el artículo continuaba, ‘el mercado mundial de los productos nanotecnológicos tendrá un valor de \$2600 billones en 2014, o \$1000 billones en 2015’”.⁶

133

En consecuencia, los científicos se ven obligados a justificar su quehacer no sólo en términos de desarrollo intelectual; más allá de esto, la gran justificación de la producción científica se vincula a la posibilidad de su rentabilidad económica mediante la aplicación de sus hallazgos a productos de consumo general.

Un ejemplo significativo lo constituye el desarrollo en ingeniería genética y las expectativas que ha suscitado. El gran auge de desarrollo en este campo ha sido posible gracias al incremento de los beneficios económicos que este tipo de investigación ha generado en grandes corporaciones industriales. A su vez, pocos ámbitos del actual panorama de la investigación han dado lugar a tanta discusión social como la producida en torno a determinados productos y procesos de la ingeniería genética.

Las principales fuentes de difusión social sobre ingeniería genética han sido los activistas ecologistas y las grandes corporaciones industriales. Los primeros

5. Intervención en la Conferencia Inaugural de “Europe Innova 2006”. Cita referenciada por Alejandro Jadad y Julio Lorca (2007).

6. Referencia bibliográfica: “Five years ago, the editorial in the first issue of Nature Nanotechnology started as follows: ‘Depending on who you ask, nanotechnology started in 1981, 1974, 1959 or the Bronze Age’. That is still true. ‘And depending on who you believe, and the definitions they use’, the article went on, ‘the world market for nanotechnology products will be worth \$2600 billion in 2014, or \$1000 billion in 2015.’” “The story so far”, editorial 2011, *Nature Nanotechnology*, vol. 6.

advertían de graves consecuencias no deseables, vislumbrando riesgos en términos de biodiversidad, gestión económica de los productos, y posibles efectos colaterales no deseados. La información que provenía de la industria, en cambio, presentaba la oportunidad para incrementar el rendimiento agrícola al desarrollar variedades que resistirían a parásitos y a los herbicidas, y que permitirían controlar el proceso de maduración de algunos productos. La industria presentaba a los posibles usuarios estos procesos con grandes ventajas, al permitir un mejor control del crecimiento de los productos, garantizando una mayor productividad y un manejo más flexible de los cultivos. La información que provenía de la industria inducía a considerar que determinadas aplicaciones de la ingeniería genética constituirían un potente instrumento de desarrollo (a pesar de defender con patentes férreas los productos que producían).

A ello hay que añadir que el conocimiento público de este campo ha estado fuertemente mediatizado por un desconocimiento general de aquellos objetos (genes) y procesos (modificación genética) sobre los que se informaba, y los conocimientos que sobre genética se difundían en el ámbito de la educación formal han estado desfasados.

Con todo ello, el caldo de cultivo para la aparición de un conflicto social, basado en expectativas (en ocasiones extremas y no del todo reales) en torno a la ingeniería genética estaba servido.

134

En este entramado de conflictos no hemos de olvidar el papel que jugaban los científicos, cuyos intereses de investigación estaban fuertemente mediatizados por las políticas de I+D+i que impulsaban la investigación orientada a los vínculos entre investigación y generación de beneficios económicos de las empresas que sustentaban sus investigaciones.

Un ejemplo de cómo se han difundido socialmente expectativas que no corresponden con los problemas científicos a que se enfrenta este ámbito tecnocientífico puede ejemplificarse en la siguiente cita:

“Cada día aparecen, tanto en prestigiosas revistas científicas como en las sensacionalistas, discusiones sobre los aspectos sociales, legales, éticos y científicos de la terapia genética, la fertilización in vitro o los alimentos transgénicos. Por supuesto, estas discusiones acaparan también la atención de muchos especialistas en bioética que relegan otros asuntos como por ejemplo los relacionados con una justa distribución de los recursos médicos limitados. Últimamente, en especial desde el nacimiento de la oveja Dolly, el tema de clonar seres humanos ocupa el interés de muchos” (De Melo, 2003).

En el ámbito de control de efectos no deseados, pocos han sido los avances científicos y tecnológicos. Las evidencias empíricas muestran que existe propagación de especies modificadas más allá de los ámbitos en que se ha actuado con estas especies. A su vez, los rasgos fenotípicos deseados no siempre son estables ya que

dependen en primer lugar del entorno genético intervenido y del entorno ambiental en que se producen las variedades modificadas genéticamente.

Como consecuencia, la contestación social en contra de determinadas aplicaciones de la ingeniería genética ha sido y sigue siendo un campo de discusión en el que, en ocasiones, poco se habla de lo que realmente hace o propone la propia ciencia.

5. Nanociencia y nanotecnología: los retos a que nos enfrentamos

En la actualidad la nanociencia y nanotecnología investigan sobre biomateriales utilizados durante siglos por culturas tradicionales (por ejemplo, seda y tela de araña) o materiales inorgánicos (azul Maya, púrpura de Han, azul Egipcio) para localizar principios activos o propiedades físicas que han hecho que estas culturas los hayan usado con éxito para solventar algunos de sus problemas cotidianos. El estudio de la composición de estos materiales ha permitido comprender que determinados tipos de ensamblaje a nivel atómico o molecular confieren propiedades de alto valor a estos materiales.

Estos conocimientos tradicionales son, por tanto, utilizados como fuente primaria de conocimiento. Si bien los resultados de investigación distarán mucho del conocimiento fuente, el hecho de hacer visible que algunos de los hallazgos exitosos en antiguas tradiciones técnicas pueden explicarse y reproducirse desde el conocimiento actual puede estimular la comprensión y aceptación social de las prácticas en el ámbito de la nanotecnología.

135

Se ha de puntualizar que comprender los procesos moleculares que permiten que materiales como la tela de araña o la seda sean a la vez estructuras flexibles, elásticas, ligeras y fuertes, exige no sólo imaginación sino comprensión de lo que es una molécula, qué es un ensamblaje molecular, cómo las moléculas ensambladas generan proteínas, etc. Cómo podemos intervenir con estos pequeñísimos elementos de la materia para producir materiales que solucionen problemas como construir edificios menos pesados, o reproducir propiedades como la hidrofobia, exige la comprensión de conocimientos básicos en química, física y biología que exceden los límites de los actuales currículos de educación formal. Difícilmente van a poder ser comunicados en contextos de difusión social a menos que se sistematicen y planifiquen unos procesos en los que, paso a paso, los ciudadanos no especializados accedan a la comprensión significativa de qué es la materia y por qué existen determinadas propiedades físicas que pueden utilizarse para depurar aguas, construir nuevos dispositivos de captura de energía o diseñar fármacos que actúen exclusivamente en el foco afectado.

Si estos ámbitos (educación formal, difusión social del conocimiento) no inician la incorporación de los conocimientos básicos necesarios para comprender qué es la nanociencia y la nanotecnología, difícilmente se comprenderán los riesgos que éstas pueden incorporar, lo que dificultará una evaluación social cualificada de los productos que se ofertan. Más aún, si no se asume lo anterior, estaremos convirtiendo a los ciudadanos en meros usuarios pasivos sin capacidad para comunicar a los

científicos cuáles de sus propuestas poseen interés social y no meramente económica; estaremos ante el mismo escenario que generó el rechazo social a determinadas aplicaciones de la ingeniería genética.

La participación social en las decisiones sobre la deseabilidad y los riesgos del desarrollo en nanotecnología permitiría, mediante la elaboración de juicios basados en la comprensión de este ámbito, compartir las responsabilidades vinculadas a la producción de nuevos materiales y sus aplicaciones posibles. En otras palabras, la comprensión social no sólo podría resolver los problemas vinculados a la gobernanza de la nanotecnología sino, más importante, la sociedad podría hacerse corresponsable, junto a los científicos y tecnólogos, de los productos que se generen y de los objetivos para los que se generan los diversos productos.

“El desarrollo de aplicaciones tecnológicas basadas en la ciencia a nanoescala aparece ahora como un potencial caso de estudio para nuevos modelos de regulación basados en una responsabilidad orientada al futuro, gobernanza del riesgo del ciclo de vida, y emisor de compromiso público” (Groves et al, 2011: 526).⁷

En la actualidad ya existen en el mercado productos que incorporan elementos “nano”. Desde lápices que integran en su mina nanocápsulas con aromas, a cosméticos y protectores solares capaces de penetrar la estructura celular epitelial. También existen previsiones de aplicaciones aún más importantes para la sociedad: el desarrollo de nanocomponentes que incrementen el rendimiento de placas fotovoltaicas o el desarrollo de sistemas de depuración de aguas mediante membranas capaces de detectar y capturar, en dimensiones moleculares o atómicas, los elementos contaminantes, son ejemplos de gran interés social que, por encima de la producción de cosméticos, aparecen como potentes herramientas para enfrentarse a dos grandes problemas actuales.

Tanto los desarrollos ya situados en el consumo como los potenciales desarrollos han de poder ser comprendidos y evaluados socialmente si se defiende una gobernanza y una corresponsabilidad social del desarrollo de la nanotecnología. ¿Qué consecuencias tiene esta propuesta?

En primer lugar, habría que revisar la formación inicial que se ofrece en la educación formal obligatoria. En este ámbito debemos ser conscientes de la poca o nula atención que la ciencia actual merece en los currículos de educación formal. En numerosos libros de texto aún se pueden encontrar ilustraciones que representan al átomo mediante el modelo atómico de Bohr (1913), mientras que la nanotecnología aborda modelos atómicos que requieren de la comprensión de los principios de la

7. “The development of technological applications based on nanoscale science is now increasingly seen as a potential test case for new models of regulation based on futureoriented responsibility, lifecycle risk management, and upstream public engagement.”

física cuántica. A la vez, esta revisión incorpora la necesidad de una acción de actualización permanente del profesorado.

“Muchos profesores en el sistema de educación completaron su formación diez años atrás. Como resultado, sus conocimientos científicos y su familiarización con desarrollos importantes en enseñanza de la ciencia es limitada” (Blonder, 2011: 49).⁸

En segundo lugar, habría que revisar las metodologías didácticas impulsando la utilización de herramientas que permitan construir conocimiento más que aprender contenidos. En este cometido se están explorando metodologías que, más que poner a los estudiantes en disposición de aprender contenidos, les induzcan a construir significativamente sus conocimientos utilizando la información a que acceden mediante el uso de mapas conceptuales.

Por último, la difusión social del conocimiento tecnocientífico, en su sentido amplio, debería estar sistematizada para poder desarrollar acciones no esporádicas que permitieran a los ciudadanos no expertos la actualización y comprensión del conocimiento científico y de sus aplicaciones. Las tecnologías de la información y comunicación, en este sentido, pueden constituir una herramienta muy poderosa si se opta por revisar el modo en que se utilizan. Así, se deberían proponer procesos de comunicación social (y no sólo acciones puntuales) que se desarrollaran gradual y permanentemente con el objetivo de ofrecer áreas de comunicación mediante las que se comprendiera la evolución y situación actual de la ciencia y los desarrollos tecnológicos, constituyendo un instrumento de actualización permanente de los conocimientos que los ciudadanos poseen.

137

Conclusión

En la actualidad, la nanociencia y la nanotecnología constituyen ámbitos de gran interés tanto para la industria como para abordar la solución de graves problemas a que se enfrenta la humanidad del siglo XXI. La cada vez más escasa disponibilidad de agua potable, la necesidad de energía para mantener los procesos de desarrollo inducidos por el modelo del primer mundo y la posibilidad de abordar terapias no intrusivas para la solución de algunas patologías son algunos de los posibles ámbitos de desarrollo de la nanociencia aplicada.

Si bien ya existen algunos productos en el mercado que incorporan componentes nanotecnológicos, el ámbito más interesante (desde el punto de vista de la resolución de los problemas antes citados) de aplicación de los conocimientos de la nanociencia aún tiene mucho camino por recorrer. Esta situación nos permite afrontar este ámbito

8. *“Many teachers in the education system completed their training over 10 years earlier. As a result, their science knowledge and acquaintance with important developments in science teaching is limited”.*

de conocimientos y desarrollo intentando evitar los problemas que hemos detectado en el caso de la ingeniería genética. Para ello, hemos de abordar qué puede hacer posible una gobernanza social no directamente dependiente de los intereses económicos de las industrias.

El requisito para que los ciudadanos puedan opinar sobre cualquier producto científico es la comprensión de la ciencia que lo ha hecho posible. Si la formación básica en las ciencias que componen el espectro de la nanociencia no se actualiza, de nada va a servir para fundamentar la comprensión de este nuevo ámbito. Si se continúa en la dirección de enseñar ciencia y no impulsar la comprensión de la ciencia, estos aprendizajes básicos serán ineficaces para la formación de una ciudadanía que disponga de las herramientas cognitivas que permitan un análisis social de la nanociencia y sus productos.

La sociedad debería estar preparada para evaluar los productos nanotecnológicos, comprendiendo cuáles de sus productos son imprescindibles para abordar la solución a problemas de interés general, qué productos serán necesarios y cuáles son accesorios. Esto requiere de procesos de difusión social de conocimiento científico contrastado y de la capacidad de evaluar las posibles aplicaciones del mismo.

En este cometido han de estar comprometidos todos los procesos que hagan posible la construcción de significados sobre los procesos y productos científicos, es decir, la formación básica y la difusión social de conocimientos científicos. La formación básica no ha de entenderse en sentido finalista como la adquisición de determinadas informaciones o conocimientos; más allá de esto, ha de favorecer el desarrollo de competencias cognitivas que permitan y estimulen la continua actualización en la comprensión de los conocimientos científicos.

Por su parte, la divulgación científica debe entenderse como el instrumento de actualización y fortalecimiento de dicha comprensión. En este sentido debería orientarse por la difusión de los conocimientos, más allá de la difusión de expectativas más o menos interesadas, y debería plantearse como un proceso permanente más que como un sumativo de acciones descoordinadas.

La nanociencia y la nanotecnología tienen, aún, la oportunidad de afrontar (con mejores objetivos y resultados que campos previos de desarrollo tecnocientífico) este cometido. Todavía estamos a tiempo de iniciar una nueva trayectoria que pueda servir para involucrar a una ciudadanía preparada en la discusión social de los proyectos científicos y de intervención práctica de la nanotecnología, evaluando sus posibles beneficios y riesgos. Olvidar este cometido puede reproducir el rechazo social originado en campos con menos potencial para solucionar problemas.

Si no existe un compromiso con otras formas de abordar el conocimiento y divulgación de la ciencia y la tecnología, los discursos sobre gobernanza y participación social en la discusión sobre la ciencia seguirán siendo acotaciones marginales de la propia producción científica.

Bibliografía

BLONDER, R. (2011): "The Story of Nanomaterials in Modern Technology: An Advanced Course for Chemistry Teachers", *Journal of Chemical Education*, vol. 88 nº 1, pp. 49-52

BRUNER, J. (1991): *Actos de significado. Más allá de la revolución cognitive*, Madrid, Alianza Editorial.

DE MELO, I. (2003): "Clonar o no clonar seres humanos: he ahí el dilema", *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación*, nº 5.

DEWEY, J. (2007): *Cómo pensamos*, Barcelona, Paidós.

EUROPEAN COMMISSION - EUR 24055 COMMUNICATION PLAN ON NANOTECHNOLOGIES (2010): *Communicating Nanotechnology. Why, to whom, saying what and how?*, Luxemburgo, Publication Office of the European Union, en cordis.europa.eu/nanotechnology/src/publication_events.htm, consultado el 1º de marzo de 2012.

GROVES, C., FRATER, L., LEE, R. y STOKES, E. (2011): "Is There Room at the Bottom for CSR? Corporate Social Responsibility and Nanotechnology in the UK" *Journal of Business Ethics*, nº 101, pp. 525-552.

JADAD, A. y LORCA, J. (2007): "Innovación no es lo mismo que novedad", *Andalucía Investiga*, nº 38.

SIMON, H. y NEWELL, A. (1958): "Heuristic Problem Solving: The Next Advance in Operations Research", *Operations Research*. vol. 6, nº 1, pp 1-10.

ZIMAN, J. (1985): *Enseñanza y aprendizaje sobre la ciencia y la sociedad*, México D.F., Fondo de Cultura Económica.