



Congreso Iberoamericano de Educación
METAS 2021

Un congreso para que pensemos entre todos la educación que queremos
Buenos Aires, República Argentina. 13, 14 y 15 de septiembre de 2010

ESPACIO IBEROAMERICANO DEL CONOCIMIENTO

La adquisición de cultura científica como objetivo de la educación científico-tecnológica

Irene Díaz García¹
Myriam García Rodríguez².

¹ Unidad de Investigación en Cultura Científica. Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT). irene.diaz@ciemat.es

² Departamento de Filosofía. Universidad de Oviedo. garciamyriam.uo@uniovi.es

1. Resumen³

Uno de los grandes retos educativos actuales en buena parte de los países de nuestra región tiene que ver con la búsqueda de una mejor orientación en la enseñanza de las materias vinculadas con la ciencia y la tecnología, que permita que el alumnado no sólo pueda dar cuenta de una serie de contenidos o informaciones, sino que fomente además las vocaciones científicas, mejore la relación de nuestras sociedades con el entorno y proporcione a la ciudadanía del futuro las herramientas necesarias para tomar decisiones en un contexto de cambios globales y donde la tecnociencia tiene gran incidencia tanto en las sociedades como en el entorno.

Los esquemas tradicionales de enseñanza de las ciencias van mostrando cada vez de manera más clara sus insuficiencias, tanto en lo relacionado con su planteamiento como con las metodologías, y no han podido ser reorientados suficientemente pese a los esfuerzos realizados en este sentido por las autoridades educativas correspondientes (inclusión de nuevas materias en el currículo, fomento de programas y ayudas, introducción de recursos tecnológicos en las aulas, etc.). En nuestra opinión, el problema de fondo radica en la inadecuada concepción de la cultura científica que subyace a estas reformas y que permanece invariada. Siguiendo a López Cerezo y Cámara Hurtado, proponemos, por tanto, una concepción de la cultura científica que *“no sólo consista en el enriquecimiento cognitivo sino también en el reajuste del sistema de creencias y actitudes y, especialmente, en la generación de disposiciones al comportamiento basadas en información científica tanto en situaciones ordinarias de la vida como en situaciones extraordinarias”*.

2. Contexto

El papel central del conocimiento en ámbitos como la productividad, la administración pública o la experiencia personal lleva aparejada una creciente importancia pública de la ciencia y la tecnología, siendo una de sus consecuencias la preocupación institucional por la alfabetización y capacitación científico-tecnológica de la ciudadanía. Se trata con ella de responder a las expectativas y necesidades de una sociedad cada vez más compleja; un objetivo común en el que, dada la extraordinaria relevancia que han adquirido la ciencia y la tecnología en todos los aspectos de la vida social, intervienen dimensiones académicas, ético-políticas, económicas y educativas (López Cerezo y Luján, 2001).

El Congreso Mundial sobre Ciencia celebrado en Budapest (Hungría) en junio de 1999 constituye un testimonio significativo de este objetivo. Bajo el lema "Ciencia para el siglo XXI, un nuevo compromiso", su Declaración final se centró en la búsqueda de nuevas vías para que los/as ciudadanos/as de todo el mundo pudieran tener acceso a los conocimientos científicos. Desde entonces, las políticas públicas han prestado una atención prioritaria a mejorar la capacidad de los sistemas de educación para garantizar la calidad y la demanda de profesionales cualificados.

En este contexto, la presente comunicación aborda, desde la perspectiva de los estudios sociales de la ciencia (o estudios CTS) una serie de ejemplos y casos concretos que, contextualizados en España e Iberoamérica, evidencian la necesidad

³ Esta comunicación ha sido realizada con el apoyo del Proyecto "Concepto y Dimensiones de la Cultura Científica" (FFI2008-06054/FISO) del Ministerio de Ciencia e Innovación del Gobierno de España y el Programa "Severo Ochoa" de becas predoctorales de la Fundación para el Fomento en Asturias de la Investigación Científica Aplicada y la Tecnología (FICYT) del Principado de Asturias.

de comprender y abordar el fomento de una cultura científica integral mediante el desarrollo de programas de promoción de la educación científica y tecnológica por parte de las instituciones pertinentes.

3. Introducción.

Desde que, aproximadamente en torno al s. XVII-XVIII se produjese la denominada “primera revolución científica” (J. Echeverría, 2003, p. 7 y ss.)⁴, la importancia de la ciencia en las sociedades ha ido en creciente aumento. Por otro lado, y a partir de la revolución industrial del s. XIX, la tecnología ha cobrado asimismo un papel hegemónico en nuestras vidas. En la actualidad, ciencia y tecnología son instituciones fundamentales y muy vinculadas tanto con la calidad de vida de los países como con su funcionamiento económico, así como con determinados riesgos asociados a ellas.

De hecho, el fomento de la I+D+i es una de las preocupaciones significativas dentro del panorama político actual en toda la región (y también, por supuesto, a nivel global más amplio), para lo que es necesario, no sólo atender al número de recursos materiales y humanos relacionados con ella, sino también a la formación de futuros/as investigadores/as. Por otra parte, la ciudadanía en su conjunto se encuentra cada vez más en la necesidad de tomar decisiones y desarrollar su vida pública y privada en contextos donde el conocimiento científico-tecnológico es una herramienta imprescindible. Además, la constatación de que el modelo de desarrollo actual implica, no sólo crecimiento y mejoras, sino claros riesgos ambientales, una potenciación de las diferencias sociales y entre países, algunos dilemas éticos y otra serie de problemas fundamentales en torno a los que, tanto a nivel individual como social es necesario adoptar decisiones y tomar posiciones; ha hecho de la formación ciudadana al respecto una verdadera necesidad⁵.

Por supuesto, dicha formación no puede obtenerse sólo mediante el sistema educativo, pero es en él donde comienza y en dónde han de sentarse las bases para un posterior autoaprendizaje y una actualización de conocimientos que permita a los/as jóvenes actuales convertirse en ciudadanos/as capaces, responsables y autónomos. De ahí la importancia que, cada vez más, los gobiernos de todo el mundo conceden a la formación científica y tecnológica dentro de las aulas.

Dicha formación tiene varios objetivos fundamentales que, de manera casi general, son compartidos a nivel internacional. Entre ellos, podemos destacar, por ejemplo, la adquisición comprensiva de conocimientos de ciencia y tecnología; la capacitación del alumnado para la utilización de nuevas herramientas y recursos, especialmente digitales; el fomento de las vocaciones científicas; la comprensión de la necesidad de una relación más armónica con el entorno; o la formación de futuros/as ciudadanos/as críticos y responsables con el desarrollo científico y tecnológico. De este modo, así como la alfabetización en sentido tradicional es uno de los retos educativos desde la Ilustración; la alfabetización científico-tecnológica se ha convertido desde hace unas

⁴ La periodización de esta revolución es compleja, ya que existen antecedentes ilustres anteriores a esta fecha y algunas disciplinas se consolidaron como científicas en sentido moderno con posterioridad a ella.

⁵ Por ejemplo, y de acuerdo con la encuesta realizada en grandes núcleos urbanos de Iberoamérica en el marco del *Proyecto de Estándar Iberoamericano de Indicadores de Percepción Pública, Cultura Científica y Participación Ciudadana (2005-2009)* –OEI, RICYT, FECYT-, casi la mitad de los/as encuestados/as consideran que la ciencia y la tecnología son fuente de muchos o bastantes beneficios, pero también de muchos o bastantes riesgos -41,5% del total de encuestados/as- (Moreno, C., Muñoz, A. y Luján López, J.L., 2009, p. 41 y ss.).

décadas en reto educativo contemporáneo con casi el mismo nivel de importancia que la anterior.

Sin embargo, y pese a las iniciativas emprendidas en este sentido en los últimos años en muchos países de nuestra región, el rendimiento de las medidas dentro del contexto educativo tiene un éxito relativamente limitado. Así, y tomando como ejemplo el caso español, las dos últimas reformas educativas⁶ han atendido específicamente a los objetivos que acabamos de mencionar (bien mediante asignaturas concretas añadidas al currículo, como la asignatura *Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS)* en la LOGSE o *Ciencias para el mundo contemporáneo* en la LOE; bien mediante la asignación de partidas específicas para la adquisición de recursos informáticos, el desarrollo de plataformas, etc.; bien desarrollando materiales y contenidos para el empleo en el aula por parte de los docentes, o financiando proyectos de investigación orientados a mejorar el aprovechamiento de los recursos ya disponibles, etc.).

Además, desde instituciones como los Organismos Nacionales de Ciencia y Tecnología (ONCYTs) o la Organización de Estados Iberoamericanos (OEI), se han impulsado también en toda la región estudios y proyectos educativos y de investigación, programas de formación docente y materiales específicos tratando de mejorar los resultados de aprendizaje de los/as alumnos/as iberoamericanos dentro del campo de la ciencia y la tecnología. Con todo, y pese a que se aprecian mejorías notables en algunos aspectos, los resultados de los estudios cuantitativos (destacando entre ellos el conocido *Informe PISA*) no responden completamente a las expectativas.

Desde luego, no es posible generalizar una serie de factores significativos que cubran todos los países y regiones que componen Iberoamérica. Ni siquiera es posible, realmente, generalizar dichos factores a nivel nacional, ya que las disparidades entre regiones son significativas en la mayor parte de los casos. Dicha tarea requeriría un trabajo más amplio y un contexto mayor que el que abarca nuestro estudio. Sin embargo, algo que sí subyace de manera generalizada a la educación en ciencia y tecnología en Iberoamérica y que, en nuestra opinión, está condicionando en buena medida el relativo fracaso de las diferentes iniciativas y esfuerzos realizados, es una concepción ya casi arcaica de la propia ciencia y tecnología, que bloquea la labor docente y el mejor aprovechamiento de las medidas y recursos por parte del alumnado. En nuestra opinión, con independencia de otros problemas de fondo de que pueda adolecer el contexto educativo, no será posible alcanzar los objetivos propuestos sin alterar significativamente la concepción subyacente sobre aquello que deseamos enseñar, y que se mueve todavía, en términos generales, en torno a los esquemas de la ciencia moderna.

Para tratar de describir y justificar nuestra posición, en los apartados siguientes realizaremos una somera descripción sobre la evolución de las concepciones de ciencia, tecnología y cultura científica en las últimas décadas, evolución que, como veremos en los apartados finales, no ha llegado aún a las aulas, condicionando de este modo la efectividad de las políticas educativas.

⁶ La antigüedad de la legislación educativa española y su necesaria adaptación a nuevos contextos llevó en el año 1990 a una reforma integral del sistema educativo, con la puesta en vigor de la Ley Orgánica 1/1990, de 3 de octubre de 1990, de Ordenación General del Sistema Educativo (LOGSE). Recientemente, la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (LOE) ha venido a sustituir a la anterior.

4. Por un lado, la concepción de la ciencia y la tecnología.

Como ya señalamos, el sustrato teórico de nuestro trabajo se basa en la filosofía de la ciencia y la tecnología reciente o, más en general, los estudios CTS⁷, que han señalado una ruptura significativa en la institución científica que comienza en torno a la mitad del s. XX y se desarrolla y consolida en las décadas siguientes hasta la eclosión, aproximadamente en los años 80 de ese mismo siglo, de un nuevo tipo de dinámica científico-tecnológica o “nuevo modo de producción de conocimiento” en ciencia y tecnología. Si bien desde el entorno académico no hay acuerdo en cuanto a la denominación de esta nueva dinámica (tecnociencia, ciencia posnormal, reguladora...)⁸, lo cierto es que hay un amplio consenso en cuanto al hecho de que nos encontramos ante un nuevo modo de hacer ciencia y tecnología que presenta grandes diferencias con sus predecesoras modernas y que reclama una nueva forma de evaluarlas, gestionarlas, relacionarlas con la sociedad y, por supuesto, enseñarlas. Suscribimos, por tanto, la afirmación de S. Funtowicz y J. Ravetz de que “*la ciencia evoluciona en la medida en que es capaz de responder a los principales desafíos de cada época, cambiantes a través de la historia*” (S. Funtowicz y J. Ravetz, 2000, p. 23).

Para un rápido resumen del cambio conceptual operado, podemos partir de la conocida expresión “concepción heredada” acuñada por H. Putnam en el contexto de la filosofía de la ciencia, y que se aplica a una imagen idealizada de la ciencia que, partiendo sobre todo del empirismo lógico del s. XX, pero con raíces profundas en concepciones anteriores (Descartes, Locke, Hume...), sostiene que ésta es el resultado de la aplicación de un método racional (el método científico) que, desde la observación directa de la naturaleza y con el apoyo de la experimentación, ha permitido construir todo un edificio de conocimiento racional, objetivo, fiable, autónomo y ausente de valores no epistémicos, además de benefactor de la sociedad. Desde ella, autores como Vannevar Bush⁹ defendieron gobiernos de corte tecnocrático y una ausencia total de control social sobre los desarrollos científico-tecnológicos (bajo la suposición de que la rendición de cuentas obstaculizaría el adecuado desarrollo del conocimiento y limitaría su rédito social).

Asociada a esta imagen de la ciencia, se estabilizó una concepción de la tecnología como “ciencia aplicada”, en la que el valor canónico vendría dado por la eficiencia. Por otra parte, y en tanto que mera aplicación de una ciencia valorativamente neutral, la tecnología tampoco se considera cargada de valores, de forma que no puede ser juzgada éticamente en sí misma (si bien, se admite que sí es susceptible de tal valoración el uso que de sus desarrollos hagan los seres humanos). Esta posición se ha denominado en los círculos académicos “concepción estrecha de la tecnología” y ha estado ligada a las críticas y objeciones sufridas por la concepción heredada.

Las imágenes de la ciencia y la tecnología que acabamos de describir anclan sus raíces en la consideración de la física matemática newtoniana como ejemplo paradigmático, asumiendo que el modelo canónico de “buena ciencia” consiste en la adopción de la matemática como herramienta operatoria, la lógica como estructura y el

⁷ La peculiaridad principal de los estudios sociales de la ciencia o estudios CTS recae en la atención específica que se pone en las interrelaciones existentes entre las tres esferas (ciencia, tecnología y sociedad) y que, en la especulación académica precedente, habrían sido minimizadas o simplemente ignoradas.

⁸ Ver Funtowicz y Ravetz (1993), Gibbons (1994), Jasanoff (1995), Ziman (1998) o Echeverría (2003).

⁹ En su informe de 1945, *Science, the Endless Frontier*.

empirismo clásico como marco filosófico de referencia. La idealización aquí presentada tiene su punto de inflexión en el entorno académico con la publicación de *La estructura de las revoluciones científicas* de Kuhn, que describe en esta obra un tipo de ciencia muy alejado del modelo tradicional y hace que la concepción académica vaya reorientándose hacia un nuevo tratamiento, tanto en lo referente a la actividad científica misma, como en lo relacionado con la estructura del conocimiento. La consecuencia más significativa del surgimiento de esta nueva interpretación fue la caída paulatina de la mayor parte de los “mitos”¹⁰ que habían sustentado la relación entre la institución científico-tecnológica y la sociedad –especialmente en el terreno de la política-. Sin embargo, en nuestra opinión, este cambio de perspectiva no ha llegado todavía al terreno educativo, motivando las insuficiencias detectadas y frenando la adquisición de cultura científica como horizonte de la educación científico-tecnológica en este contexto. Consideramos, por tanto, que es necesario abandonar esta idealización como marco desde el que desarrollar la enseñanza-aprendizaje, que ya no responde a la realidad de la ciencia y la tecnología contemporáneas y, además, dificulta la motivación del alumnado por presentársele como ajena, lejana y falta de repercusión para la vida cotidiana.

En nuestra opinión, el tomar como punto de partida para la docencia una concepción teórica basada en los contemporáneos estudios sociales de la ciencia, ofrecería una mejor plataforma explicativa para los contenidos, alejada de los rígidos esquemas logicistas y reduccionistas de la filosofía de la ciencia más clásica subyacente al actual modelo, y que ya no puede abordar correctamente una actividad que es realmente mucho más dinámica e interdisciplinar, que ha de hacer frente a profundas lagunas epistémicas y que reclama una regulación más próxima a los sistemas políticos democráticos actuales. La imagen de la ciencia y la tecnología que se lleva a las aulas debería asumir, por tanto, los cambios ya producidos en la esfera académica, donde ha sido aceptado que la incertidumbre epistemológica juega un importante papel en la ciencia y tecnología contemporáneas y que, por ello, no puede obviarse, sin desvirtuarlas, el rol que en su seno juegan el disenso y el conflicto entre expertos, así como la necesidad de atender a los aspectos éticos y valorativos que se ponen en juego. También habría que destacar el hecho de que, en la actualidad, los problemas abordados por la ciencia y la tecnología son por lo general urgentes, globales y de consecuencias desconocidas. Al modificarse esta concepción de fondo, se modificaría asimismo la concepción de lo que es la cultura científica, lo que permitiría la adopción de nuevos esquemas que podrían lograr que el alumnado adquiriese unos conocimientos más adecuados y contextualizados, con lo que se insertarían con mayor facilidad en su horizonte interrogativo.

Si el conocimiento científico deja de ser concebido, tanto por parte de los/as docentes como de los/as alumnos/as, como un proceso en el que los no iniciados no pueden jugar otro papel que el de ser unos receptores acríticos de un conocimiento creado por otros, la alfabetización dejaría de ser el paradigma educativo adecuado y sería necesario tomar una imagen donde la cultura científica se asimilase al resto de “culturas” –social, histórica, artística...- que constituyen el currículo educativo de los países.

¹⁰ Daniel Sarewitz definió en 1996 lo que denominó “mitos del sistema I+D”: mito de la autoridad, del beneficio infinito, de la investigación sin trabas, de la rendición de cuentas y de la frontera sin fin.

5. Por otro lado, la cultura científica.

Del mismo modo en que la concepción de la ciencia y la tecnología se ha ido modificando a la luz de las nuevas relaciones y problemáticas que éstas establecen con la sociedad, la noción de cultura científica ha sufrido también una evolución en el entorno académico para tratar de ajustar, de manera más adecuada, la idea a nuestras sociedades actuales. Así, en paralelo a la concepción tradicional de la ciencia, la cultura científica (aquellas nociones o habilidades que son necesarias para que los/as ciudadanos/as puedan actuar adecuadamente en su vida en relación con la ciencia y la tecnología, comprenderlas, beneficiarse de sus aportaciones y también valorar sus riesgos) fue concebida tradicionalmente como alfabetización.

Ahora bien, si aceptamos la descripción anterior sobre la ciencia y la tecnología contemporáneas, y su destacado papel en nuestras vidas, la mera alfabetización no proporciona los recursos necesarios para la toma de decisiones y el correcto manejo de la propia vida en entornos tecnocientíficos. Muchas de las decisiones que cada uno/a ha de tomar están mediadas por conocimiento científico o tecnológico, tanto a nivel cotidiano, como profesional o político (la decisión sobre medidas de ahorro energético en el hogar, sobre comportamientos ante enfermedades, sobre hábitos alimenticios, etc.). De ahí que, autores como Miller (1893, 1998 o 2002), hayan destacado la importancia de que el conocimiento científico-técnico disponible permita la participación efectiva en el nuevo entorno y la toma de posiciones ante controversias originadas en el seno de la ciencia y la tecnología pero con impacto en nuestras vidas. A este conocimiento, que va más allá de la noción de alfabetización, Miller la denomina “cultura científica ciudadana” o “cultura científica cívica”¹¹.

De acuerdo con Miller, pueden destacarse tres dimensiones en la cultura científica, que la distinguen de una comprensión meramente memorística: el manejo de nociones y conceptos básicos que permitan una comprensión de la ciencia y la tecnología, la comprensión de la propia dinámica científico-tecnológica y, finalmente, el conocimiento sobre las repercusiones sociales e individuales de la ciencia y la tecnología. La cultura científica se constituye, por tanto, como el resultado de un adecuado nivel de competencia en las tres diferentes dimensiones, algo que requiere un cambio significativo en el enfoque educativo tradicional para la enseñanza de la ciencia y la tecnología (que se ha centrado, casi de manera exclusiva, en la primera de ellas).

En efecto, partir de una u otra concepción a la hora de abordar la enseñanza implica, no sólo diferencias en la vinculación con otras materias educativas y con la sociedad en general, sino también diferencias relevantes en cuanto a qué enseñar, cómo hacerlo y qué es realmente “conocimiento”. Es necesario moverse desde una perspectiva “enciclopédica” cuasi ilustrada, (y ligada a la concepción tradicional de la ciencia y la tecnología), donde el énfasis educativo ha de ser puesto en la alfabetización del alumnado en el sentido más tradicional del término –adquisición de conceptos, memorización de fórmulas, resolución matemática de problemas...- hasta una perspectiva que considere que el conocimiento necesario para desarrollar adecuadamente un rol en las sociedades inmediatamente futuras por parte de los/as estudiantes requiere de mucho más que algunos rudimentos conceptuales. El conocimiento, en este contexto, no puede ser medido con un test, ya que la ciencia y

¹¹ En nuestro caso, la denominaremos simplemente “cultura científica”, como distinta a la “alfabetización científica”, pues consideramos que la propia noción de “cultura” implica ya necesariamente la inclusión de la dimensión cívica.

tecnología contemporáneas no pueden ser reducidas sólo a nociones teóricas, sino que es necesario internalizarlas y ser capaz de emplearlas posteriormente en la vida. Nuestras sociedades se encuentran en un proceso de creciente tecnificación y reclaman, por tanto, una formación que vaya más allá de los “datos” y proporcione “habilidades” o “herramientas”. De acuerdo con López Cerezo y Cámara Hurtado, la meta entonces habría de ser *“la adquisición de cultura científica por el individuo [que] no sólo consiste en su enriquecimiento cognitivo sino también en el reajuste de su sistema de creencias y actitudes y, especialmente, en la generación de disposiciones al comportamiento basadas en información científica tanto en situaciones ordinarias de la vida como en situaciones extraordinarias”* (Cámara Hurtado, M. y López Cerezo, J.A., 2008, p. 64).

6. Consecuencias para el contexto educativo y algunas conclusiones

Si bien la mayor parte de las conclusiones que, para el contexto educativo, pueden extraerse del cambio conceptual operado en el entorno académico en lo relacionado con la ciencia y la tecnología contemporáneas han sido ya perfiladas, nos parece necesario enfatizar el hecho de que la más destacada es que la cultura científica que ha de constituir la meta de la educación no puede ser medida en términos del grado de adquisición de conocimientos teóricos o nociones científico-tecnológicas, sino en función de la utilización que se haga de ellas. Por tanto, es necesario reorientar la actividad educativa desde la alfabetización hacia la adquisición de cultura científica en el sentido más amplio que acabamos de describir.

Para ello, hemos de enfrentarnos, siguiendo a Martín Gordillo (2009), a una serie de interrogantes cuya resolución proporcionará unas u otras estrategias educativas y que van desde el propio planteamiento acerca de la utilidad de la enseñanza de la ciencia o los aspectos que es necesario incluir en ella, hasta la reflexión sobre la inercia acumulada por el sistema educativo y la pertinencia de su ruptura¹².

Este último aspecto resulta en nuestra opinión especialmente importante, ya que para modificarlo, es necesario abandonar el lugar conocido sobre cómo llevar la educación científico-tecnológica al aula y adentrarse en un terreno que, para buena parte del colectivo docente, resulta desconocido. No debemos obviar, en este sentido, que la mayor parte de los docentes tienen una formación específica en sus respectivos campos de conocimiento que ha sido recibida de acuerdo con los esquemas tradicionales de conceptualización de la ciencia y la tecnología y de la didáctica asociada a ellos. Con suerte, han recibido además una breve “formación de formadores”¹³. En cualquier caso, y salvo que su interés personal les haya llevado a buscar una formación concreta en el campo, los docentes de ciencia y tecnología

¹² Las formulación de las diez preguntas concretas es la siguiente: ¿Es útil la educación científica?, ¿es conveniente enseñar la ciencia en contexto social?, ¿es conveniente mostrar los aspectos valorativos (éticos, económicos, políticos) al enseñar las ciencias?, ¿pueden resultar motivadores los contenidos científicos para su enseñanza?, ¿qué debemos enseñar de la ciencia, los resultados o los procesos que los han hecho posibles?, ¿debemos reducir la ciencia y su enseñanza a una serie de conceptos?, ¿es posible enseñar ciencias planteando trabajos cooperativos en los que participen los alumnos?, ¿es la forma en que aprendimos la ciencia el mejor modo de enseñarla?, ¿son adecuados los programas y los libros escolares de las materias científicas? y ¿podemos decidir muchas cosas cuando enseñamos ciencias?

¹³ Dicha formación tiende a ser insuficiente en toda la región, si bien tomaremos nuevamente como ejemplo particular el caso español donde, hasta hace poco más de un año, y a excepción de los estudios de Magisterio, se limitaba a unos pocos meses de clases sobre pedagogía y didáctica, una vez finalizada la Diplomatura o Licenciatura universitaria, y a unas prácticas de aula, por lo general, no superiores a un mes.

llegan a las aulas sin bagaje teórico acerca de las nuevas conceptualizaciones que, en respuesta a los cambios reales producidos en la esfera científico-tecnológica y su relación con nuestras sociedades, han ido surgiendo en los entornos académicos de las últimas décadas.

En nuestra opinión, en este punto comienza realmente la dificultad que los sistemas educativos están mostrando para alcanzar los objetivos en la enseñanza de la ciencia y la tecnología a los que nos referimos al inicio de esta comunicación y es tanto en el cambio del enfoque educativo como en la conceptualización de base desde donde se debería modificar el paradigma hacia la adquisición de cultura científica.

Desde el punto de vista filosófico, ni el diagnóstico ni el problema son tan recientes como podríamos suponer. Uno de los grandes autores contemporáneos en el campo de la filosofía de la educación, John Dewey, describió ya a principios del s. XX algunos aspectos que son fundamentales para extraer consecuencias educativas a partir de la especulación teórica sobre la ciencia y la tecnología. Con su instrumentalismo, Dewey construye un amplio marco que vincula las grandes esferas de la especulación filosófica (ontología, epistemología, ética y política) y puede venir en auxilio del nuevo contexto. Si partimos, siguiendo a este autor, de que la racionalidad humana es una y funciona de la misma manera en todas las esferas del conocimiento humano, incluyendo las ciencias y el mundo cotidiano, podemos comprender mejor cómo el conocimiento puede devenir fácilmente en herramienta, ya que es nuestra respuesta a un entorno que se demuestra problemático. Además, y especialmente en el primer Dewey, el conocimiento es considerado un motor fundamental para el cambio social y la mejora de la democracia, por lo que la cultura científica, que es sin duda parte de ese conocimiento, también lo sería. La vinculación que este autor realiza entre teoría y práctica vendría a describir la racionalidad científica como la racionalidad humana aplicada a un campo concreto de estudio, con lo que tanto los problemas científicos como los prácticos serían considerados igualmente situaciones problemáticas que requieren una respuesta y se validan en la práctica. Por otra parte, el conocimiento es eminentemente contextual (precisamente por esa asociación a la resolución de problemas), de modo que el diálogo y la interacción fomentan su mejora. Así, se vinculan educación, política y conocimiento: la educación ha de promover la capacidad investigadora del ser humano y la aprehensión de conocimientos, de modo que puedan ser empleados en la vida cotidiana y faciliten la participación en la toma de decisiones políticas.

Es necesario, por tanto, asumir que la importancia de la educación en ciencia y tecnología va mucho más allá del contexto escolar, y rescatar la concepción de que los sistemas educativos tienen como objetivo, no sólo enseñar conceptos, sino formar ciudadanos/as.

Por eso, una verdadera alfabetización tecnocientífica de la ciudadanía, una verdadera cultura científica, implica el desarrollo de competencias para la participación de todos los ciudadanos en las decisiones relacionadas con el desarrollo tecnocientífico. No todos los ciudadanos participarán directamente en los procesos que permiten el desarrollo de la ciencia y la tecnología, pero la reivindicación de una verdadera cultura científica para la ciudadanía no puede limitarse a conseguir que los ciudadanos sean sólo buenos espectadores o buenos usuarios de los conocimientos y productos de la ciencia y la tecnología. Su participación activa es necesaria también en las decisiones sobre lo que se espera, se

desea y se necesita de la ciencia y la tecnología. Al menos lo es en la medida en que se entienda que la ciencia y la tecnología no deben ser ajenas al compromiso democrático y a la responsabilidad social, es decir, a hacer posible el ejercicio de una ciudadanía plena en las sociedades democráticas (M. Martín Gordillo, 2009, p. 69).

7. Bibliografía

Barrio, C., "Apropiación popular de la ciencia", *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad* 10. Madrid, 2008, pp. 213-225.

Bauer, M. et. al., "What can we learn of 25 years of PUS survey research? Liberating and expanding the agenda", *Public Understanding of Science* 16. 2007, pp. 79-95.

Cámara Hurtado, M. y López Cerezo, J.A. "Dimensiones políticas de la cultura científica". En López Cerezo, J.A. y Gómez González, F.J. (eds.). *Apropiación social de la ciencia*. Biblioteca Nueva. Madrid, 2008.

Dewey, J. *Cómo pensamos. La relación entre pensamiento reflexivo y proceso educativo*. Paidós. Madrid, 1910/2007.

Dewey, J. *La opinión pública y sus problemas*. Ediciones Morata. Madrid, 1927/2004.
Echeverría, J. *La revolución tecnocientífica*. Fondo de Cultura Económica, Madrid, 2003.

Fiorino, D. "Citizen Participation and Environmental Risk: A Survey of Institutional Mechanisms". *Risk Analysis*, 9, 1990, pp. 293-299.

Funtowicz, S.O. y Ravetz, J.R. *La ciencia posnormal: ciencia con la gente*. Icaria Editorial, Barcelona, 1993/2000.

Funtowicz, S.O. y Strand, R., "De la demostración experta al diálogo participativo". *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 3 (8), 2007, pp. 97-113.

Gibbons, M. et al. *La nueva producción del conocimiento. La dinámica de la ciencia y la investigación en las sociedades contemporáneas*. Ediciones Pomares-Corredor, Barcelona, 1994/1997.

Jasanoff, S. "Procedural Choices in Regulatory Science. *Technology in Science*, 17 (3), 1995, pp. 279-293.

Kuhn, T. *La estructura de las revoluciones científicas*. Fondo de Cultura Económica. México, 1962/1975.

López Cerezo, J.A., "Participación ciudadana y cultura científica", *Arbor* 715, 2005, pp. 351-362.

López Cerezo, J.A. y J.L. Luján, "Cultura científica y participación formativa", *Percepción social de la ciencia*. Academia Europea de Ciencias y Artes. Madrid, 2004, pp. 29-46.

López Cerezo, J. A. y Gómez González, F.J. (eds.), *Apropiación social de la ciencia*. Biblioteca Nueva. Madrid, 2008.

Martín Gordillo, M. (coord.), *Educación, ciencia, tecnología y sociedad*. Documentos de trabajo, nº 3. CAEU-OEI, Madrid, 2009.

Miller, J.D. "Scientific Literacy: a Conceptual and Empirical Review," *Daedalus*. 1983, pp. 29-48.

Miller, J.D., "The Measurement of Civic Scientific Literacy," *Public Understanding of Science* 7. 1998, pp. 203-24.

Mitcham, C. (ed.) *Encyclopedia of Science, Technology and Ethics*. Macmillan Reference Books. Detroit, 2005.

Mitcham, C. "Justifying Public Participation in Technical Decision Making". *Technology and Society Magazine*. 1997, pp.40-46.

Moreno Castro, C. *Comunicar los riesgos. Ciencia tecnología en la sociedad de la información*. Biblioteca Nueva. Madrid, 2009.

Moreno Castro, C., Muñoz, A. y Luján López, J.L. "Actitud (hacia) y valoración (de) la ciencia y la tecnología". En FECYT, OEI, RICYT. *Cultura científica en Iberoamérica. Encuesta en grandes núcleos urbanos*. Madrid, 2009.

Prewitt, K., "Scientific Literacy and Democratic Theory," *Daedalus*. 1983, pp. 49-64.

Sarewitz, D. *Frontiers of Illusion: Science, Technology and Problems of Progress*. Temple University Press. Philadelphia, 1996.

UNESCO, *Declaración sobre la ciencia y el uso del saber científico. Adoptada por la Conferencia mundial sobre la ciencia el 1º de julio de 1999*. Budapest, 1999.

VV.AA. *Ciencia, Tecnología y Sociedad: una aproximación conceptual*. OEI. Madrid, 2001.

Weinberg, A. M. "Impact of Large-Scale Science on the United States". *Science*, 134 (3473). 1961, pp. 161-164.

Weinberg, A.M. "Science and Trans-Science". *Minerva*, 10. 1972, pp. 209-222.

Ziman, J. *¿Qué es la ciencia?* Cambridge University Press. Madrid, 1998/2003.