

Reflexiones sobre la educación tecnológica desde el enfoque CTS

Mariano Martín Gordillo y Juan Carlos González Galbarte (*)

1. Educación, tecnología y humanización

La educación teórica, especulativa, alejada de referencias empíricas y prácticas, tiene en Platón a su más antiguo defensor. Para él las disciplinas más valiosas en la educación de quienes debían regir los destinos de la comunidad eran las más alejadas de lo experimental, de lo observable y de lo opinable. De hecho, las matemáticas, que tienen en la descripción de los fenómenos naturales una fácil aplicación práctica, eran defendidas en el modelo educativo platónico justamente por lo contrario: por su naturaleza abstracta, por su alejamiento de lo práctico y porque en ellas no parecen posibles las controversias. Platón es, por tanto, un precursor de una tradición intelectualista que ha despreciado lo práctico y ha defendido el predominio de lo teórico y lo académico en la educación.

Por utópicas que pudieran parecer en el plano político, las propuestas platónicas han tenido un gran éxito en la historia de las instituciones educativas y en la definición de lo que se ha considerado educativamente valioso y se ha venido enseñando en los currículos escolares. En este sentido, el predominio educativo de la tradición platónica explica, al menos en parte, las razones del desprecio hacia la tecnología que ha sido dominante hasta momentos muy recientes de la historia de la educación. La tecnología, por su vinculación con las actividades artesanales de carácter práctico, ha sido merecedora del desprecio de las elites culturales como actividad inferior. La sospecha ha sido la actitud característica de la cultura clásica hacia la tecnológica (Mitcham, 1989). Se sospecha de la tecnología como una actividad propia de grupos inferiores, que, por mirar hacia lo real, se incapacitan para ver lo ideal. Y se sospecha también de la transformación tecnológica de la realidad porque es considerada como la voluntad de transgredir las leyes inmutables que gobiernan y deben gobernar el funcionamiento de la naturaleza.

Sin embargo, paradójicamente, es también en la obra de Platón donde se encuentra una de las más hermosas y profundas reflexiones sobre la inextricable conexión entre la técnica y la esencia de lo humano. En el *Protágoras* (320 d), un diálogo en el que se aborda la cuestión de los fines de la educación, Platón presenta una versión del mito de Prometeo en el que, quizá sin quererlo, describe la relación entre la actividad técnica y la gestación de lo humano. En el mito los dioses habían encargado a Epimeteo y a Prometeo el reparto de las facultades entre todos los animales antes del día señalado para su aparición sobre la tierra. Es Epimeteo quien se encarga de repartir de forma armoniosa las diversas características en las especies, conformando un mundo animal organizado según criterios de lo que hoy se llamaría adaptación al entorno y equilibrio ecológico. Sin embargo, Epimeteo se olvidó de la especie humana en su reparto. Fue esta deficiencia, esta cualidad de «mono a medio hacer» o de «mono desnudo», lo que en el mito impulsó a Prometeo a robar del taller de Hefesto (de la fragua de Vulcano que en la pintura de Velázquez no es otra cosa que un taller artesanal) el fuego y la sabiduría que le permitiría defenderse y sobrevivir. El fuego era en el mito algo reservado a los dioses. Es esa porción divina lo que hace de los seres humanos una especie a medio camino entre la naturaleza y la divinidad, un verdadero animal divino. Tan divino que es capaz de dominar el fuego, de construir artefactos y hasta mitos con los que explicar su propio origen.

Más allá del mito, el fuego representa esa cualidad que ha permitido a nuestros antepasados superar las limitaciones impuestas por su medio, evitando la inexorable ley de la naturaleza que condena a las demás especies a adaptarse al medio o desaparecer, y que, en el caso de la nuestra, ha llevado a que sea el propio medio el que ha sido adaptado a nuestras necesidades y deseos en un proceso de transformación continua que tiene su explicación en la técnica, en la capacidad práctica de transformar la realidad. Lo divino de los seres humanos podrá ser también el dominio del lenguaje o la capacidad para la abstracción y la creación de ideas y explicaciones a los fenómenos, pero con ello, y aún antes que ello, lo divino de los humanos es su

calidad para hacer cosas, para cambiar la realidad. Justamente lo que se ha atribuido siempre a los dioses: la capacidad de crear.

Es la técnica, por tanto, la primera seña de identidad de lo humano. Hoy somos *homo sapiens*, pero ello es así porque antes fuimos, y en gran medida nunca hemos dejado de ser, *homo faber*, seres capaces de hacer cosas, seres capaces de crear cosas, incluso seres que creando cosas han sido capaces de hacerse a sí mismos. Porque si la técnica es el primer producto de lo humano, también los humanos somos el más genuino producto de la técnica.

Lo que no se entiende, entonces, es este olvido en la historia de la educación de lo que han sido nuestros propios orígenes, esta lectura del mito en la que lo sustancial y antecedente (la técnica) no se resalta y queda ensombrecido tras lo adjetivo y consecuente (la inteligencia). Aunque no siempre haya sido sabido y aceptado, lo cierto es que la técnica forma parte de la esencia de lo humano, y la técnica ha sido uno de los factores principales que han hecho posible la propia hominización.

También cada ser humano acaba siéndolo porque va accediendo a diversas habilidades que definen su cultura. Eso que llamamos educación, que no deja de ser la variante institucional de lo que en otros tiempos había sido la socialización, consiste en el progresivo dominio individual de numerosas técnicas. Aprender a leer y a escribir es, antes que acceder a un universo simbólico, adquirir destrezas en una serie de herramientas que se utilizan con el propósito de comunicar, es decir, de intervenir y modificar el entorno social en el que se vive. Esas herramientas y esas destrezas son técnicas, y no sólo en un sentido metafórico.

Se escribe con las manos. Los dígitos, antes que números que conformarán universos enteros, reales e imaginarios, son los dedos, ese ábaco con el que nuestros antepasados antes, y nuestros niños siempre, han aprendido a contar las cosas. Incluso contar las cosas en el sentido de contar historias, de narrar, tiene su origen en la propia actividad manual de contar, de señalar equivalencias entre diversos objetos en las primeras transacciones comerciales. Y no sólo escribir; leer y calcular son técnicas que van siendo dominadas por el niño en el proceso continuo de humanización en que consiste su educación. La mayor parte de las destrezas que un niño va adquiriendo a medida que se educa son destrezas técnicas: desde los ademanes y maneras de estar en cada lugar, hasta montar en bicicleta y luego conducir un automóvil; desde la memorización y el recitado de una lección de historia, hasta el dominio y utilización de los programas de un computador; desde el baile o la danza, hasta tocar un instrumento musical... Ser diestro es ser habilidoso en el uso de herramientas, y es, a la vez, usar principalmente una de las dos manos.

No hay razones para que la tecnología haya de quedar fuera del repertorio de lo valioso en educación. Y, sin embargo, así ha sido. Se ha ocultado o enmascarado lo que de técnico hay en lo educativo. Se ha dejado, además, que las actividades técnicas hayan quedado fuera de los currículos educativos básicos hasta hace bien poco tiempo. Lo técnico ha sido excluido de los ámbitos centrales que conforman la educación escolar de los ciudadanos, quedando relegado a los espacios marginales de la formación profesional o a las formas de socialización externas a los sistemas educativos reglados.

[...]

Según Vilches y Furió (1999), es frecuente que la enseñanza de las ciencias incorpore algunas visiones deformadas sobre la naturaleza de la actividad científica. Entre esas deformaciones destacan las siguientes: una *visión empirista y ateorica*, en la que se presenta al científico como alguien que desvela verdades que están en la realidad esperándole; una *visión rígida*, sobre el uso del método científico como una receta fija; una *visión aproblemática y ahistórica*, según la cual la construcción del conocimiento científico nunca suscitó polémicas; una *visión exclusivamente analítica*, en la que la enseñanza de los árboles científicos (hechos, teoremas, leyes, resolución de problemas típicos...) no permite aprender el bosque de la ciencia (las grandes teorías, su relación con las cosmovisiones filosóficas, su anclaje histórico y social...); una *visión acumulativa y lineal*, en la que la evolución de la ciencia sería continua, sin ningún sobresalto o revolución;

una *visión individualista*, según la cual los científicos serían héroes singulares con un papel en la historia de la ciencia equiparable al de los reyes y caudillos en la historia de las sociedades; una *visión velada y elitista*, en la que parecería seguirse el viejo lema de la academia platónica: «nadie entre aquí sin saber matemáticas» (suponiéndose, además, que las matemáticas son un saber que sólo está al alcance de unos pocos); y una *visión descontextualizada y socialmente neutra*, en la que, con su bata blanca, el científico se nos presenta como un ser inmaculado y virginal en lo que se refiere a la influencia en su actividad de los avatares políticos, morales e ideológicos que presiden la vida del resto de los mortales.

Todos estos tópicos o prejuicios sobre la naturaleza de la actividad científica corresponden a concepciones que no se dan sólo en la educación científica, sino que se reproducen también en los diversos medios de comunicación social. Pero esas visiones deformadas, como las denominan Vilches y Furió, tienen en las instituciones escolares un espacio privilegiado para conformar las imágenes sociales que los ciudadanos tienen sobre la actividad científica. Por otro lado, la actitud conformista de buena parte del gremio de los profesores de ciencias, que las reproducen acríticamente, hacen de tales tópicos el fundamento de la cristalización inercial de los contenidos científicos enseñados hacia las funciones segregadoras, reproductivas y selectivas del sistema escolar. Por ello, los planteamientos más innovadores en la enseñanza de las ciencias tienen en la impugnación de tales visiones su primera tarea en el proceso de una reconstrucción curricular que rescate sus verdaderos valores educativos en la formación de los ciudadanos.

Aunque la enseñanza de la tecnología tiene una menor tradición que la de las ciencias, y las tendencias inerciales quizá estén menos afianzadas que en éstas, también conviene señalar cuáles son los tópicos o prejuicios sobre la naturaleza de la actividad tecnológica que comienzan a reproducirse igualmente en su reciente implantación educativa. De alguna manera, esos tópicos sobre la tecnología serían, así mismo, visiones deformadas sobre esta actividad que conviene identificar, cuestionar y superar para promover una educación tecnológica que no siga la senda de las peores tradiciones en la enseñanza de las ciencias y las humanidades, en las que, por su parte, también cabría identificar y cuestionar numerosos tópicos y prejuicios. A continuación comentaremos algunos de esos tópicos sobre la actividad tecnológica que afectan tanto a la percepción social de ésta como a las maneras en que comienza a ser enseñada. Muchos de ellos están estrechamente relacionados entre sí, aunque en las aulas pueden encontrarse unos de forma más intensa que otros.

2.1 La tecnología es ciencia aplicada a los procesos de producción.

Este es uno de los tópicos más extendidos sobre la naturaleza de la actividad tecnológica. El conocimiento científico precedería a su aplicación práctica por la tecnología. La ciencia descubre o desvela las leyes que gobiernan la naturaleza, y la tecnología utiliza esos conocimientos para su transformación. Según este esquema, la presencia de conocimientos científicos en el origen de los desarrollos tecnológicos sería lo que diferenciaría a la actividad tecnológica (fundamentada en conocimientos científicos) de la mera técnica artesanal (en la que el conocimiento experimental no existe, y las prácticas sólo se basan en las intuiciones y en la experiencia pasada de sucesivas pruebas por ensayo y error). No es éste el lugar para cuestionar la ingenuidad de los planteamientos positivistas que subyacen en esta idea, que, aunque inadecuada para entender la verdadera complejidad de la actividad tecnológica (Acevedo, 1995; Agazzi, 1992; Osorio, 2002), resulta muy clara y sugestiva. Es más oportuno ahora analizar y cuestionar sus efectos en la enseñanza de la tecnología.

Partiendo de esta idea, se considera con frecuencia que en la actividad tecnológica y en las formas en que debe organizarse su enseñanza han de distinguirse con claridad dos fases bien diferenciadas: la más teórica, que corresponde al análisis y diseño conceptual del artefacto, y la de su producción y realización práctica. Muchas veces en la enseñanza de la tecnología se ha insistido en la importancia de distinguir ambas fases y de conceder gran importancia a la primera, a fin de sortear el riesgo de que la enseñanza de la tecnología pueda reducirse a la de las técnicas artesanales. Según esta idea, el aula de tecnología y el papel del

docente y de los alumnos dentro de ella no deben ser réplicas del taller del artesano y de la relación entre éste y el aprendiz. Como señalara Ortega y Gasset (1939), el aprendiz aprende del artesano ayudándole, viéndole hacer y, cuando le deja, copia sus maneras de actuar y desarrolla las destrezas propias del artesano. Pero ese no debe ser el modelo del aula de tecnología, porque, de ser así, la educación tecnológica se reduciría a la enseñanza de las artesanías tradicionales, algo que dejaría de nuevo al docente de tecnología en un lugar secundario respecto a los enseñantes de las disciplinas académicas (otra vez los prejuicios platónicos), y a la tecnología en un lugar marginal de la república curricular de las instituciones educativas. Por ello, el aula-taller de tecnología no debe ser el único espacio en el que se enseña y aprende ésta, ni debe parecerse al taller del artesano preindustrial o al garaje en el que algunas personas hacen bricolaje en su tiempo de ocio.

Según este tópico, el aula-taller de tecnología no debe tomar su referente de las técnicas artesanales sino de las tecnologías industriales, y parecerse a un espacio de construcción de prototipos diseñados previamente de forma más científica y conceptual. En esta idea de la enseñanza de la tecnología, el aula-taller y el aula ordinaria de tecnología mantienen entre sí una relación análoga a la que se da entre el laboratorio y el aula ordinaria en la enseñanza de las ciencias. En el aula ordinaria se enseñan –y supuestamente se aprenden– los aspectos conceptuales de ambos tipos de disciplinas (las teorías, los principios, las leyes, en el caso de la enseñanza de las ciencias; los problemas planteados, los cálculos para su resolución, el diseño con lápiz y papel de posibles prototipos, en el caso de la enseñanza de las tecnologías). En el laboratorio y en el aula-taller se desarrollan los momentos prácticos de las ciencias y las tecnologías (en el primero se recrean los procedimientos experimentales que probarían la verdad de lo aprendido en el aula ordinaria, en el segundo se simulan los procesos prácticos de construcción de los artefactos diseñados antes sobre el papel). En los dos casos, el resultado suele ser un tanto pobre para los alumnos: en efecto, como había pronosticado el profesor, se ha teñido de rojo el líquido contenido en la probeta; por último, cada alumno ha construido un puente levadizo de madera con los resortes y mecanismos necesarios y a la escala que se pidió en el problema inicial. Las aulas prácticas, sean el laboratorio de ciencias o el taller de tecnología, son más entretenidas para los alumnos que las teóricas: en las primeras pasan cosas (se tiñen los líquidos de las probetas) o se hacen cosas (puentecitos), en las últimas, el profesor dice cómo son las cosas o cómo debemos diseñarlas. Sin embargo, que esas actividades prácticas puedan ser algo más motivadoras que las teóricas no implica que, planteadas así, resulten educativamente más valiosas.

En todo caso, la analogía entre las aulas de ciencias y de tecnología no es completa. Según este modelo, se sigue aceptando la prioridad de las primeras sobre las segundas. El diseño tecnológico parte de los conocimientos científicos (matemáticos, físicos, químicos...), pero no ocurre al revés; en el desarrollo de los experimentos de laboratorio no se suele poner de manifiesto el carácter tecnológico de tales prácticas. Por tanto, este modelo sigue mostrando el carácter subordinado de lo práctico sobre lo teórico. Incluso es frecuente que se reproduzcan los mismos dispositivos selectivos presentes en la enseñanza más teórica, como los exámenes, que afectan a la fase teórica, y que muchas veces ensombrecen la importancia del componente práctico que se desarrolla en el aula-taller.

Al margen de la posible falsificación de lo que realmente es la actividad tecnológica, cabe también cuestionar el valor educativo de este modelo, en el que la práctica se subordina a la teoría, la ejecución al diseño y, en suma, el hacer al saber. Además, resulta evidente que los valores implícitos en esa forma tópica de plantear la enseñanza de la tecnología en modo alguno cuestionan la lógica tradicional que preside el academicismo escolar, sino que se acomodan perfectamente a él y lo refuerzan. Es posible que estos planteamientos sean exitosos para promover la integración de las enseñanzas de tecnología en la educación general, pero con ellos la educación tecnológica pierde todo su potencial para transformar las prácticas educativas.

2.2 Los productos tecnológicos son artefactos materiales

En el tópico anterior ya se presupone en gran medida éste: la tecnología produce artefactos físicos, máquinas. Eso es obvio. Estamos rodeados de objetos que no son naturales sino artificiales, es decir, artefactos elaborados técnicamente, fabricados por los seres humanos. Esto es tan evidente que nadie puede negarlo. Pero la cuestión no es si la tecnología crea artefactos materiales, sino si sólo produce ese tipo de artefactos. Si se acepta el tópico anterior, la respuesta suele ser afirmativa. La enseñanza de la tecnología que se organiza en torno a la secuencia teoría-práctica y que tiene el aula-taller llena de herramientas tiende también a promover este segundo tópico, según el cual la tecnología sólo produce artefactos materiales. Y, sin embargo, lo que ha sido creado artificialmente por los seres humanos no son sólo los objetos físicos. También hay muchos artefactos y dispositivos inventados por los seres humanos que no son materiales. La propia educación escolar es uno de ellos. Del mismo modo, la relación entre aulas ordinarias y aulas-taller, que acaba de cuestionarse, evidencia que los dispositivos físicos son el resultado de otro tipo de dispositivos cuyas funciones tienen que ver con la conducta de los seres humanos: cómo se modifica y qué imágenes y formas de organización social se adquieren con ellas. Que las mesas sean individuales o permitan el trabajo en grupo, que en un aula haya o no tarima, que el profesor intervenga en las clases en mayor o menor medida que los propios alumnos, son cuestiones explícita o implícitamente decididas, es decir, artificiales. La educación es, ella misma, una tecnología de organización social y cumple determinadas funciones de forma más o menos eficaz, e, incluso, de forma más o menos eficiente. Tal como sucede con las tecnologías materiales.

No se trata aquí de impugnar las tecnologías materiales y de promover su destierro en la organización de la educación tecnológica. Pero tampoco debe aceptarse el error contrario, suponiendo que todo lo tecnológico es material y que las tecnologías sociales no deben tener espacio en la educación tecnológica. Valgan como ejemplo para enjuiciar la importancia educativa de ambos algunos artefactos que tienen simultáneamente las dos dimensiones, física y social, como la televisión o la radio. Ambos artefactos son a la vez unos objetos concretos y lo que se ha dado en llamar medios de comunicación social. Desde ambas dimensiones los dos son artefactos tecnológicos, es decir, dispositivos construidos por los seres humanos que realizan determinadas funciones de forma más o menos eficaz y eficiente. Como es obvio, el objeto televisión o el objeto radio pueden ser incorporados en el trabajo de la educación tecnológica según el modelo antes comentado. La fase teórica podría consistir en el análisis de los diferentes elementos que los constituyen, y el conocimiento conceptual de los fenómenos electromagnéticos (lo científico) que permiten la transmisión y decodificación de la señal. En el aula ordinaria podría enseñarse mucho sobre la forma en que funcionan esos artilugios y los distintos tipos que se han sucedido a lo largo de los años. Luego, en el aula-taller de tecnología, se podría desmontar un televisor para comprobar que está construido de acuerdo con lo analizado en la fase conceptual, o, incluso, cada alumno podría montar una pequeña radio a partir de determinados componentes conectados de acuerdo con lo visto en las clases teóricas. El hecho de que el orden entre la fase conceptual y la práctica sea el señalado o el contrario no cambia nada en el significado valorativo de cada una de ellas. La pregunta sería si es ésta la única forma en que puede analizarse la tecnología televisiva o radiofónica. Incluso si es la más relevante educativamente, porque el desmontaje del artefacto televisivo también puede consistir en el análisis y la deconstrucción no del objeto televisor, sino del medio de comunicación televisivo. En este caso podría analizarse cómo se hace un programa de televisión, pero no sólo teniendo en cuenta los dispositivos físicos del plató, sino las diversas decisiones sobre el tipo de audiencia al que se dirige, la publicidad que incorpora, la hora de emisión, el significado de sus contenidos, y tantos otros elementos que integran el instrumento social que es la televisión. Análogamente, nada impediría que en lugar de montar una radio galena lo que se construyera en el aula fuera un programa de radio. Sin embargo, la habitual reducción de lo tecnológico a lo *artefactual*, y de esto a los objetos físicos, es tan dominante que pocas veces se llega a plantear como posible la segunda de las opciones en la educación tecnológica.

2.3 La tecnología es universal y no necesita contextualización social

Casi como consecuencia lógica de los dos tópicos anteriores, viene el prejuicio según el cual la tecnología desborda las contingencias de los diferentes contextos sociales. Si la tecnología es ciencia aplicada a la producción de objetos materiales, el carácter universal de las leyes de aquélla y la tangibilidad de estos supondría que los productos tecnológicos pueden surgir en cualesquiera contextos, y son útiles en todos los lugares. A una ciencia universal le corresponde una tecnología que produce artefactos eficaces también con carácter universal. Y, sin embargo, es imposible una tecnología socialmente descontextualizada. Los adelantos tecnológicos han incorporado siempre los valores y las necesidades dominantes en los grupos sociales que las han promovido y desarrollado. Que hayan progresado más tecnologías relacionadas con la reproducción (tanto en positivo –tecnologías de reproducción asistida–, como en negativo –tecnologías contraceptivas–) aplicadas más al cuerpo femenino que al masculino, no se debe a que las leyes de la naturaleza obliguen a que el campo principal de experimentación haya de ser el cuerpo de la mujer, sino más bien a que un conjunto de valores relacionados con los prejuicios de género han hecho más fácil que sea sobre él sobre el que se planteen tales tecnologías. Que la investigación sobre tratamientos para las enfermedades cardiovasculares, el cáncer o el envejecimiento estén más desarrolladas que las relacionadas con las infecciosas que resultan endémicas en las poblaciones pobres del planeta, tiene más que ver con el potencial económico de quienes financian los programas que con una supuesta resistencia natural de la malaria o el sida a ser tratados de un modo eficaz. Que el desarrollo tecnológico de ingenios bélicos haya sido mucho mayor que el de los sistemas de gestión del agua en el planeta, o las medidas para controlar la salud medioambiental de la atmósfera, tampoco se debe a razones naturales y universalizables, sino a intereses concretos identificables con contextos y lógicas sociopolíticas también concretas. En este sentido, el análisis de artefactos o la realización de proyectos tecnológicos en el aula en situaciones supuestamente universalizables y pretendidamente aplicables a cualquier contexto social como, por ejemplo, el funcionamiento de un abrelatas o el diseño y la construcción de un puente, no serían más que ficciones que falsean lo que en realidad es la actividad tecnológica, porque incluso los abrelatas y los puentes reflejan prejuicios que afectan a las personas. Los abrelatas suelen diseñarse para ser usados por la mayoría diestra de las personas, teniendo los zurdos que aprender a adaptar su mano a la forma de tan simple artefacto y no al revés. Algunos puentes pueden servir no sólo para que las personas pasen por ellos sino para lo contrario, como mostró Winner (1986) en su análisis de los puentes de Long Island. Aquellos puentes fueron proyectados con la suficiente altura como para que pudieran pasar bajo ellos los automóviles y así llegar a las playas los blancos que se desplazaban en ellos, pero lo suficientemente bajos como para que no pudieran pasar bajo ellos los autobuses que trasladaban a los negros y a los hispanos que carecían de automóvil, con lo que algo tan físico y universal como un puente podía tener consecuencias tan sociales y concretas como las de impedir que las playas de Long Island fueran visitadas por personas que no fueran blancas.

Analizar y hacer puentes, abrelatas o cualesquiera otros artefactos en las clases de tecnología sin este tipo de referencias a los contextos sociales en los que surgen y a los que condicionan puede parecer objetivo, pero no deja de falsificar la auténtica naturaleza de la actividad tecnológica. Ello es especialmente importante en América Latina, donde los efectos de una transferencia tecnológica indiscriminada desde otros contextos culturales resultan, muchas veces, muy negativos. Incluso las propias aulas de tecnología deben tener en cuenta su propio contexto tecnológico, que, obviamente, no será el mismo en una ciudad que vive de la actividad industrial que en una comunidad indígena que se asienta en un contexto rural y tiene unas formas de vida y unos problemas bien diferentes. Suponer que la enseñanza de la tecnología puede o debe ser la misma en ambos contextos no es más que admitir que el segundo debe ser dominado y suplantado por el primero.

2.4 La evolución de los artefactos tecnológicos está guiada por la optimización funcional, es decir, por la eficacia y la eficiencia

Si los artefactos son objetos materiales construidos según conocimientos seguros, aplicables en cualesquiera lugares y condiciones, debería ser evidente que la evolución de los mismos sólo ha de estar guiada por la mejora en su capacidad de cumplir las funciones encomendadas con los menores costes posibles. Según esto, la historia de la tecnología sería la de una sucesión de artefactos guiados por el principio de mejorar lo anterior, haciéndolo más complejo y más útil. De esta forma se puede rastrear la evolución de cualquier ámbito tecnológico (desde las hachas de sílex hasta las armas químicas, desde el carro de bueyes hasta el avión supersónico, desde el molino de viento a la central nuclear) como un cambio en los artefactos que les permite estar cada vez más y mejor adaptados a las nuevas funciones que van siendo demandadas. Desde esta perspectiva, la evolución de la tecnología no deja de ser como la evolución de las especies naturales: cada vez más complejas, cada vez mejor adaptadas a entornos más diferentes. La diversidad natural y la adaptación a los cambios ambientales en la sucesión de especies naturales tendría un paralelismo claro en la sucesión de artefactos tecnológicos. La publicidad automovilística ha explotado muchas veces esta idea. Y, sin embargo, ¿son las nuevas necesidades de las personas las que explican las rápidas variaciones en los modelos de automóviles?, ¿no serán, por el contrario, esas supuestas necesidades más bien demandas inducidas por el propio desarrollo de la industria automovilística con el apoyo de los medios de comunicación social?

Explicar la evolución de la tecnología en el aula siguiendo lo enunciado en este tópico no sería otra cosa que mostrar cómo el desarrollo de los diseños de los artefactos ha sido progresivamente más eficaz y eficiente, es decir, mejor. Pero ¿mejor en qué?, ¿mejor para qué?, ¿en qué y para qué es mejor un arma química que un hacha de sílex?, ¿en qué y para qué es mejor un avión supersónico que un carro de bueyes?, ¿en qué y para qué es mejor una central nuclear que un molino de viento? Estas preguntas, como tantas otras sobre la evolución de la tecnología, no pueden ser respondidas sin aludir a valores, sin discutir sobre valores. Por tanto, no cabe plantear una educación tecnológica que pretenda dar cuenta de la evolución de los artefactos sin plantear a la vez la cuestión de la evaluación de los artefactos. O, al menos, no cabe hacerlo sin falsificar la esencia de la actividad tecnológica y traicionar el valor de la educación tecnológica para la formación de los ciudadanos que serán usuarios de esas tecnologías y, por tanto, tienen derecho a evaluarlas. Aceptar este tópico significa ir a favor de las inercias dominantes en la institución escolar y fuera de ella, pero también significa aceptar como inevitables las afirmaciones contenidas en la Guía de la Exposición Universal de Chicago de 1933: «La ciencia descubre, el genio inventa, la industria aplica y el hombre se adapta o es modelado por las cosas nuevas... Individuos, grupos, razas enteras de hombres caminan al paso que marcan ciencia e industria».

2.5 Los artefactos tecnológicos son producto de la invención genial de artífices individuales

Ese es el supuesto implícito de una educación tecnológica, que propone que el alumno sea un aprendiz de inventor o al menos replique los logros de éste. Es el supuesto propio de una enseñanza que pone en marcha estrategias dirigidas al aprendizaje individual y que evalúa también de forma individual a los alumnos. Quizá la idea de que tras cada objeto tecnológico haya alguien genial sea muy sugestiva. Sin duda sugiere pensar que el teléfono, la televisión o el *software* de los ordenadores tienen como padres a individuos geniales con nombre propio. Se trata de una sugestión que lleva, incluso, a inferir que quizá igualmente el fuego, la rueda o el arado pudieron tener igualmente remotos inventores geniales cuyos nombres han sido olvidados con el correr de los tiempos. Sin embargo, se trata sólo de eso: de sugestiones, es decir, de sueños inducidos que pretenden simplificar los procesos de desarrollo tecnológico, identificándolos con invenciones geniales asociables con individuos. Desde el punto de vista escolar esta idea es, así mismo, muy fácil de plantear, ya que no deja de ser la misma que lleva a pensar que el devenir de la historia se explica por las gestas de reyes y caudillos que libraron batallas y fundaron imperios, o la que supone que el avance de la ciencia puede relacionarse con la aparición de grandes individuos cuya heroicidad consistiría en sus geniales descubrimientos. Además, esta idea heroica y personificada de los avatares tecnocientíficos permite, por un momento y aunque sólo sea como anécdota, humanizar la

severidad de sus contenidos: quizá las leyes de la física hayan sido descubiertas debido a que una manzana impactó sobre la cabeza de un sietemesino británico, quizá la naturaleza de las radiaciones no hubiera sido conocida sin el amor y la abnegación de cierto matrimonio... Pero de nuevo esta imaginería de héroes geniales que supuestamente pueblan las hazañas tecnocientíficas de la civilización humana no sea más que una imaginación: el desarrollo tecnocientífico sólo ha sido una anécdota, y, en casos excepcionales, una tarea individual. El trabajo en equipo y las redes de colaboración (pero también las zancadillas y el trabajo competitivo) entre quienes desarrollan nuevos artefactos son las formas en que de verdad se desarrolla el proceso tecnológico. Por eso, en el aula el trabajo colectivo y en equipo sería el procedimiento más adecuado para replicar y aprender cómo es en realidad el proceso tecnológico, a la vez que mostraría el carácter social necesario de la actividad tecnológica, aunque distanciarse otra vez de la idea inercial de un aprendizaje individual y de una evaluación individual, sobre todo a través de exámenes (o «pruebas», como si de un juicio se tratara la actividad propia del aula) supone transgredir las normas de las tecnologías educativas dominantes y situarse en el lugar desde el que la educación tecnológica puede suponer un progreso en la tecnología de la educación.

2.6 La actividad tecnológica es neutra, está al margen de las controversias valorativas

Este tópico está implícito en todos los demás y en cierto modo los resume. Las controversias valorativas de cualquier índole (ética, política, estética...), los intereses y las opiniones serían externos a la actividad tecnológica si ésta consistiera en la aplicación de los conocimientos objetivos de las ciencias a la construcción de artefactos materiales que cuentan con una aplicación universal y han tenido una evolución orientada por criterios de eficacia y eficiencia. Y mucho más si sus artífices fueran individuos bondadosos al margen de cualesquiera controversias valorativas y dedicados por completo al perfeccionamiento técnico del mundo. Los valores, así, quedarían fuera del ámbito de lo genuinamente técnico. Igual que el profesor de ciencias lleva en su bata blanca el talismán de la objetividad y el desinterés que le permite dedicarse por entero al desvelamiento del ser, en la clase de tecnología habrían de quedar fuera las controversias sobre los fines, porque lo que allí se haría sería sólo la enseñanza de la transformación de lo que es, al margen del debate sobre lo que debe ser. El deber ser, y en general todas las cuestiones valorativas según este tópico, quedarían fuera de la actividad tecnológica propiamente dicha, y, como es lógico, de su enseñanza. Este tipo de cuestiones serían previas o posteriores a la actividad tecnológica pero no afectarían a la esencia de su actividad. Que con un cuchillo se corte el pan para dar de comer a alguien o se le rebane el cuello no es algo de lo que deba culparse al cuchillero. Él recibió el encargo sin preguntar los propósitos de quien se lo hizo, y entregó el artefacto sin responsabilizarse de lo que luego podría hacerse con él. Incluso, según esto, la tecnología podría ser el leve paréntesis de objetividad y neutralidad dentro de un mundo en el que la controversia y el interés son lo dominante. Sin embargo, la disección entre lo objetivo y lo subjetivo, entre lo desinteresado y lo interesado, entre lo fáctico y lo axiológico, no es tan fácil. En realidad no hay cuchillos capaces de separar con tanta claridad esos ámbitos de decisión y responsabilidad. ¿Era desinteresado y objetivo Robert Moses cuando diseñó los puentes de Long Island?, ¿los científicos e ingenieros que participaron en el proyecto Manhattan no tuvieron ninguna responsabilidad en lo que sucedió con su invento?, ¿pueden declararse al margen de compromisos sociales quienes trabajan en el campo de las tecnologías médicas?, ¿pueden hacerlo los urbanistas?, ¿y los educadores?

Pero más acá de la responsabilidad del técnico está lo que es importante para la educación tecnológica de la ciudadanía. La mayoría de los alumnos que va a las aulas de tecnología no serán ingenieros que tengan que tomar decisiones en las que quepa plantearse este tipo de cuestiones sobre la responsabilidad. Sin embargo, todos ellos utilizarán artefactos tecnológicos y serán (o deberían ser) consultados sobre asuntos que tienen que ver con las tecnologías, pero que no se reducen a cuestiones fácticas. ¿Debe construirse una central nuclear en un determinado lugar? ¿Debe aumentarse el presupuesto para la construcción de una autovía para evitar que su trazado afecte a un entorno natural singular? ¿Deben conservarse los embriones humanos congelados hace más de diez años? ¿Deben desarrollarse las tecnologías de la clonación humana?

¿Debo aprobar que se desconecte el respirador a un ser querido? Todas esas decisiones están en el centro de actividades tecnológicas, pero en modo alguno son decisiones neutras. Los expertos técnicos también podrían tener diferentes opiniones sobre ellas, igual que los demás ciudadanos. De hecho, son el tipo de decisiones sobre la tecnología que más importancia tienen para la ciudadanía. Por ello, ¿cabe plantear una enseñanza de la tecnología en la que se aborden las tecnologías energéticas, las tecnologías constructivas, las biotecnologías o las tecnologías médicas sin plantear las controversias sobre el riesgo de determinadas energías, los problemas de la ordenación del territorio, las cuestiones de bioética o las decisiones en torno a la eutanasia? Quizá pueda hacerse esa enseñanza aséptica, neutra, técnica (en el sentido de ajena a todo prejuicio) y carente de valores, pero eso será a costa de despojar de todo valor a la educación tecnológica, incluso de olvidar toda referencia al valor de educar.

2.7 Las nuevas tecnologías no son realmente tecnologías

Los anteriores tópicos se sitúan en el nivel de lo que es o ha sido la educación tecnológica hasta ahora. Pero con el cambio de siglo se plantea el reto de lo que pueda ser la educación tecnológica en el futuro. Al poco tiempo de haber empezado a tener presencia institucional en la formación general, la educación tecnológica se enfrenta al reto de su propia redefinición, ya que hoy, más que de tecnologías, se habla de «nuevas tecnologías», y esa novedad parece ser importante. Las nuevas tecnologías se refieren a algo que parece diferir de las otras tecnologías (se supone que las «viejas»). Con esta expresión se alude a un tipo de tecnologías radicalmente diferente a las anteriores. Las nuevas parecen ser las de la información y la comunicación. Incluso también, quizá, las biotecnologías. Sin embargo, son mucho más que las tecnologías de la imprenta, el teléfono o técnicas agrícolas o ganaderas. La información, la comunicación y la modificación de los seres vivos ya eran campos propios de ciertas tecnologías, pero las nuevas parecen haber dado un salto cualitativo y van mucho más allá de lo que implicaban sus antecedentes en esos campos.

Las nuevas tecnologías suponen una notable redefinición de lo que significa el artefacto tecnológico. Y precisamente una modificación en un sentido muy similar al de las críticas anteriores a la visión fiscalista de la actividad tecnológica. Hoy la información sobre la que trabajan las nuevas tecnologías de la información poco tiene que ver con la contenida en el soporte físico de los libros. La comunicación a la que se refieren las nuevas tecnologías de la comunicación va mucho más allá de la voluntad por llevar lejos la voz humana (*tele-fono*). Y las modificaciones en la materia viva que se plantean las nuevas biotecnologías poco tienen que ver con la selección artificial de determinadas variaciones fenotípicas. En todas ellas los cambios son mucho más profundos. Es más, todas están íntimamente conectadas y las sinergias que se producen dan lugar a resultados casi impredecibles desde las formas anteriores de enfocar el cambio técnico. Los artefactos de las nuevas tecnologías ya no son los artilugios desmontables o replicables en un aula que caracterizaron a las tecnologías que tenían como referente la producción industrial. Son tecnologías «blandas» en las que los ordenadores y lo que con ellos se hace no se acomodan a la vieja lógica de los proyectos tecnológicos, en los que a una fase de análisis conceptual podía suceder otra de construcción de artilugios. La forma de acceder a esas tecnologías ya no acepta la vieja lógica de las relaciones entre teoría y práctica. ¿Cuáles serían las ciencias básicas de las que procederían esas nuevas tecnologías?, ¿cómo pueden distinguirse en ellas las fases de diseño y ejecución?, ¿qué artefactos materiales producen?

En cierto modo, las nuevas tecnologías suponen un revulsivo tan radical frente a los anteriores tópicos que la defensa de aquellos sólo puede hacerse negando que éstas sean realmente tecnologías. Muchos profesores de tecnología formados en los viejos tópicos de las tecnologías materiales adoptan esta táctica (que no es otra que la del avestruz) y se revelan contra la inclusión en los currículos de tecnología de los contenidos propios de las nuevas tecnologías. ¿Qué tiene que ver la tecnología con la informática? ¿Por qué debemos enseñar esas nuevas tecnologías si nosotros lo que sabemos son las tecnologías del torno y la fresa? Éstas son ciertas preguntas que se hacen algunos docentes de tecnología, sin ser conscientes de que al formularlas están haciendo declaración pública de defunción de su actividad profesional.

Frente a estas actitudes suicidas, desde una visión de la educación tecnológica que se distancie de las inercias, cabe asumir el reto de la enseñanza de las nuevas tecnologías como una oportunidad singular para rescatar el valor de una educación tecnológica que pretenda superar todos los tópicos y prejuicios señalados antes. Con ellas cabe romper las fronteras entre la teoría y la práctica y liberar a ésta de la tradicional sumisión a aquella. También se puede mostrar que los artefactos producidos por la actividad tecnológica no son necesariamente materiales, sin dejar por ello de ser artificiales.

Sin embargo, la enseñanza de las nuevas tecnologías no está libre de los restantes tópicos señalados. Las nuevas tecnologías en la enseñanza pueden ser una nueva forma de anulación de las identidades sociales y de la difusión de los códigos globales. Su evolución puede parecer que está guiada sólo por criterios de eficacia y eficiencia. También, que los dirigentes de las grandes compañías de informática juegan el papel antes asignado a los inventores geniales. Hasta puede estimarse que tales tecnologías están al margen de cualesquiera controversias valorativas.

Las nuevas tecnologías son para la educación tecnológica una oportunidad y un desafío. Una oportunidad para superar las inercias propias de una tradición educativa en la que el peso de los prejuicios teóricos ha impedido el protagonismo de lo práctico. Pero son también un desafío, porque, con su fácil implantación escolar, pueden llegar a desbordar el ámbito de la educación tecnológica, ahogando las posibilidades de ésta y proponiéndose como la verdadera y más eficaz tecnología educativa. No son pocos quienes hoy defienden que la mejora de la educación y la solución de los problemas educativos depende de que las aulas se llenen de ordenadores y los alumnos aprendan a través de ellos. Desmontar este nuevo mito puede ser otro de los retos de esa educación tecnológica, que pretende mejorar la educación sin reducir ésta a las nuevas tecnologías. Convendrá para ello plantear una redefinición de los fines y las orientaciones que debería tener la educación tecnológica en este nuevo contexto.

3. Hacia una nueva definición de las finalidades de la educación tecnológica

Reflexionar sobre las finalidades de la educación tecnológica es la primera condición para promover una educación tecnológica consciente y responsable de la orientación de su función educativa. La segunda condición será la elaboración de propuestas prácticas que permitan alcanzar esas finalidades en el aula. En este sentido la educación tecnológica, aparentemente la más práctica de las enseñanzas, no debe negarse a repensar sus fundamentos teóricos. Por el contrario, puede y debe rescatar aquellas tradiciones de la filosofía de la tecnología que puedan ser útiles para una adecuada fundamentación de la educación tecnológica.

Pero, ¿qué puede aportar la filosofía de la tecnología a la práctica de la educación tecnológica?, ¿necesita esta práctica algún fundamento filosófico que vaya más allá de tomar una posición sobre los tópicos antes descritos?, ¿qué aspectos de la práctica educativa en tecnología pueden requerir una fundamentación filosófica? Las respuestas a estas preguntas pueden estar también en las que se den a estos otros interrogantes: ¿es el mismo tipo de educación tecnológica la que necesita un niño que un futuro ingeniero?, ¿es sólo una diferencia de grado o nivel de complejidad?, ¿tiene la misma responsabilidad sobre un desarrollo tecnológico el ingeniero que lo diseña que el ciudadano que lo utiliza?, ¿debería incorporar la educación tecnológica elementos que le permitieran evaluar sus acciones y responsabilizarse sobre sus decisiones en relación con las tecnologías? Todas estas preguntas tienen una gran importancia a la hora de plantear y organizar los diversos currículos de la educación tecnológica, sea en la educación básica, en la formación profesional o en la educación superior. Pero, para darles respuestas, conviene contar con algún marco interpretativo sobre la relación entre la tecnología y el ser humano, que permita orientar los modos en que se educará al segundo en su relación con la primera.

Ortega, uno de los más importantes filósofos de la tecnológica, que además corresponde a nuestra propia tradición cultural, reflexionó sobre esa relación del ser humano con la técnica, que resulta tan relevante

para fundamentar las finalidades de la educación tecnológica. Ortega (1939) analiza la técnica (que es el término que él emplea) como un fenómeno indisoluble de la propia esencia de lo humano, y propone una interpretación evolutiva de esa relación. Aunque su aproximación es histórica o filogenética, algunas de sus intuiciones pueden ser leídas en clave ontogenética para extraer de ellas interesantes consecuencias para la organización educativa de los currículos de tecnología.

En la *Meditación de la Técnica* Ortega distingue tres períodos en la evolución de la relación entre la técnica y el ser humano: la técnica del azar, la técnica del artesano y la técnica del técnico. La *técnica del azar* es la del hombre primitivo. Éste realmente no tiene conciencia del acto técnico como algo diferenciado de los demás actos naturales. Utiliza técnicas pero no es consciente de ello. Sus actos técnicos son fruto del azar, no corresponden a una indagación o a un plan consciente. Tampoco en esta época existe ninguna especialización técnica entre los individuos. No hay diversos campos o especialidades técnicas. Hay un intenso uso de técnicas pero aleatorio, casi lúdico y sin una percepción clara de su gran utilidad. Es en la siguiente fase, la *técnica del artesano*, cuando aparecen diversas especialidades técnicas. Cada gremio artesano es considerado como portador de unas habilidades ancestrales y casi naturales que se transmiten de generación en generación. El contacto entre el artesano y el aprendiz es el modo en que éste adquiere las habilidades técnicas de aquél. La técnica del artesano se aprende haciéndola, porque en ella no se distingue el momento de diseño del de la propia ejecución del acto técnico. Tampoco en esta fase habría conciencia de *la* técnica, sino de *las* técnicas, de las distintas habilidades artesanales que tienen los individuos concretos. Esta conciencia del carácter singular y diferenciado de la técnica respecto de los seres humanos se adquiere en la última fase, la de *la técnica del técnico*. En ella se considera a la técnica como algo específico y separado de las demás actividades humanas. Algo que, además, no se hace individualmente, sino que requiere cierto nivel de organización. En esta fase el diseño y la ejecución se distinguen como actos técnicos bien diferenciados, que se corresponden con distintos especialistas. Quien diseña un artefacto puede no construirlo, ni siquiera saber hacerlo. Quien realmente lo construye puede no saber diseñarlo. El ejemplo de la relación entre el arquitecto y el albañil en la construcción de un edificio puede servir para ilustrar tal idea. En esta fase la transformación de la naturaleza es de una magnitud tan grande, que, además, sería imposible el retorno a una naturaleza sin técnica. La técnica del técnico libera al ser humano de las determinaciones naturales, pero, a la vez, le hace más responsable de las decisiones sobre las diversas formas de vida que la técnica le permite, y esas decisiones ya no son sólo técnicas.

Esta aproximación evolutiva que hace Ortega a la relación entre la técnica y el ser humano es muy sugerente a la hora de organizar la propia evolución del papel de la educación tecnológica en las diferentes etapas, desde la educación infantil hasta la educación superior. Lo que Ortega llama técnica del azar en los albores de la humanidad en el sentido filogenético, también podría inspirar el papel que la educación tecnológica puede tener en el inicio de la educación del individuo. Ese primer contacto con la técnica podría consistir en el niño, igual que en el hombre primitivo, en la apertura a las diversas destrezas manipulativas, pero aún de forma inespecífica. Aquí la educación técnica no hace más que dar oportunidades a lo que es casi una tendencia natural del niño en su relación con el mundo, y no deja de ser coherente con el modo con que el niño se enfrenta al lenguaje o a la expresión creativa. El niño no aprende a hablar, a escribir o a dibujar por la adquisición de las reglas gramaticales o el aprendizaje del canon artístico. Es el aprovechamiento de sus impulsos para probar a decir cosas, a garabatear o a pintarrapear lo que hace que las palabras y las imágenes se vayan incorporando en sus formas de comunicación con el mundo. En este proceso el educador no le impone nada, sólo le acompaña y le ayuda poniendo a su disposición nuevos recursos (letras, palabras, lápices, papeles, colores, ceras...) para que sea la propia creatividad lingüística y artística del niño la que se vaya conformando, es decir, tomando formas. Si esto es y debe ser así, para la educación lingüística y plástica (son sólo dos ejemplos, la educación musical, el cálculo y tantos otros aspectos educativos se desarrollan en esta fase de la misma forma en que se trata de abrir caminos y no de señalar cuáles han de ser recorridos y de qué modo), no es menos evidente que la educación tecnológica en

las primeras edades debe tener también ese componente de descubrimiento, de *insight*, a través de las diversas pruebas por ensayo y error.

Siguiendo ese mismo modelo evolutivo de Ortega, la técnica del artesano podría servir de inspiración para organizar la enseñanza de la tecnología en edades posteriores, pero aún dentro de lo que son las etapas de escolaridad obligatoria en la mayoría de los países. La técnica del artesano supone el dominio de ciertas destrezas relacionadas con un medio humano más complejo. Pero a diferencia de la fase anterior, esas destrezas ya no son inespecíficas sino que corresponden a diversos ámbitos de la acción que ponen en marcha habilidades o destrezas diversas a través de procedimientos relativamente ordenados. Sin embargo, en esta fase no se distinguen aún los procesos de diseño y ejecución. Es más, no se entiende que sea necesario plantear el primero para poder abordar el segundo. Tal podría ser el modo en que se planteara esa educación tecnológica secundaria, pero todavía dentro de la educación general de los ciudadanos. Se trataría de poner a los alumnos en contacto con las diversas técnicas presentes en su entorno propiciando un acercamiento práctico a las mismas. Por tanto, lo que pueda y deba ser enseñado en cada contexto dependerá de las características de éste. Más que anticipar el conocimiento de los diseños tecnológicos, se trataría de facilitar el manejo de las técnicas como usuarios de las mismas. La realidad exige de los ciudadanos cierta pericia en el uso de diversas destrezas técnicas. Así, el uso del ordenador, los diversos problemas técnicos que surgen en la gestión de los espacios domésticos y comunitarios o el contacto con las artesanías relevantes en cada contexto, podrían ser ejemplos de esa educación tecnológica en la que se prima la práctica y la adquisición de destrezas contextualizadas sobre el análisis teórico y el diseño de prototipos descontextualizados. En cierto modo, la técnica del artesano de Ortega se convertiría en su correlato educativo en el aprendizaje de las destrezas para ser usuario de los diferentes elementos técnicos en los que se desenvuelve la vida humana. Hasta aquí habría de llegar lo que podríamos llamar la alfabetización tecnológica, es decir, lo que la educación tecnológica debe ofrecer a todos los ciudadanos, esto es, la capacidad para desenvolverse en el mundo tecnológico en el que viven.

La técnica del técnico podría ser una buena metáfora de la educación tecnológica dirigida a la formación de los profesionales, es decir, más allá de la educación primaria y secundaria obligatoria y común a todos. Es el momento en el que se hace necesaria la separación entre el diseño del artefacto tecnológico y su ejecución. Es el momento en que se da la incorporación del conocimiento científico al desarrollo tecnológico, generándose ese complejo tecnocientífico en el que transcurre hoy la actividad profesional del científico y del ingeniero. La formación profesional y superior en tecnología tendrá que tener en cuenta las diversas especificidades y relaciones entre el diseño tecnológico y su ejecución, entre la innovación y el desarrollo. Pero que esto sea así en la educación tecnológica superior no obliga a que tal dicotomía deba anticiparse a la educación tecnológica general de los ciudadanos, generando muchos de los tópicos y prejuicios que se han criticado antes.

En cierto modo, esas tres fases de la educación tecnológica que se inspiran en la filosofía de la tecnología de Ortega, no están alejadas de planteamientos paralelos en tres fases que pueden servir para secuenciar también otros saberes y valores (Martín Gordillo, 1996). Pero pueden encontrarse paralelismos entre esos tres momentos de la educación tecnológica y los que podrían caracterizar también a la educación artística. En ésta ha de partirse, así mismo, de un primer momento en el que la creatividad pura y las destrezas inespecíficas deben ser promovidas de forma muy abierta, intentando no limitar sino desarrollar las facultades naturales de los niños. El contacto con las destrezas más concretas que se aprenderán haciéndolas, es decir, en la propia práctica, sería la segunda fase de la educación artística, quedando para el final la adquisición de los significados más precisos de la obra de arte y el desarrollo de los recursos específicos de ésta en cada una de sus especialidades (que obviamente no serán los mismos para el compositor de partituras musicales que para el intérprete de un instrumento —en paralelo con lo que ocurre en la técnica del técnico entre el arquitecto y el albañil).

Esta analogía entre la educación artística y la tecnológica, además de ser una interesante compañía que compensa las querencias habituales de la educación tecnológica a buscar referentes para la organización curricular en los paradigmas propios de la educación científica, tiene otra vertiente de gran importancia. Tanto la educación artística como la tecnológica no pueden ser reducidas a la enseñanza y el aprendizaje de sus destrezas específicas. En ambas existe también una dimensión valorativa que resulta esencial en cada una de ellas. En el arte la belleza es lo más importante. En la tecnología lo es mejorar las condiciones en las que se desarrolla la vida humana. De poco serviría educar la mano que pinta, interpreta un instrumento musical o compone una partitura si no se educara también el ojo que mira y el oído que escucha para que puedan apreciar la belleza de esas obras. Además, la educación artística es útil para todos los ciudadanos, no sólo porque a algunos de ellos los convertirá en artistas, sino porque puede permitir que todos ellos disfruten del arte. Con la educación tecnológica sucede algo similar. Su valor, más allá de favorecer el desenvolvimiento de todos en un mundo que ya es tecnológico, no radica sólo en hacer posible que algunos sigan construyendo ese mundo, sino en que todos puedan participar en la valoración y en la toma de decisiones democráticas sobre la técnica. Con la educación artística se pretende que algunos lleguen a crear belleza, pero que todos aprendan igualmente a disfrutarla. Con la educación tecnológica se busca que en la transformación del mundo algunos lleguen a hacerlo mejor, pero también que todos aprendan a participar para hacer lo mejor.

La educación tecnológica de todos los ciudadanos debe servirles para utilizar las técnicas del mundo en el que viven, pero, asimismo, debe servirles para participar en las decisiones sobre el tipo de técnicas con las que todos vivirán. La educación tecnológica de la ciudadanía no debe pretender que todos los ciudadanos sean capaces de construir un puente, pero sí permitir que todos puedan participar en las decisiones sobre si debe construirse en un determinado lugar y sobre las funciones que debe cumplir. Se trata de incorporar la educación en valores a través de la educación tecnológica, es decir, de educar para valorar las diversas tecnologías, para evaluar sus efectos, algo que es condición para hacer posible la participación pública en la evaluación de tecnologías (López Cerezo, 2000).

Siguiendo con la analogía entre la educación artística y la tecnológica, esa dimensión valorativa de ambas tiene diversas variantes según se trate de la educación general de todos los ciudadanos o de la educación especializada de los artistas o ingenieros. En la primera se trata de educar la sensibilidad para apreciar las obras de arte o la capacidad para participar democráticamente en las decisiones tecnológicas. En la segunda se trata de incorporar y superar los cánones de belleza que permiten que el artista lo sea de verdad, o de hacer que el tecnólogo, el ingeniero, asuma los efectos sociales de su labor, que se responsabilice de ellos y que sea consciente de los compromisos éticos y políticos que asume en su desempeño profesional. Un artista no lo será si no conoce la forma en que su obra aporta algo nuevo en pos de la belleza. Un ingeniero no lo será tampoco si no tiene en cuenta lo que su obra supone para el bienestar social. Compromiso con la belleza y compromiso con la sociedad son, por tanto, los horizontes de la educación artística y tecnológica en el nivel superior. Quizá la vecindad de la tecnología con el arte no sea menos necesaria que la que por tradición ha tenido con la ciencia. Y esto no deja de ser válido para la propia educación tecnológica.

Por otra parte, la dimensión valorativa que se propone para la educación tecnológica (con la que es muy posible que estuviera de acuerdo Ortega a la vista de la inquietud que mostraba hacia la técnica del técnico) permite superar los prejuicios y tópicos que ya se han señalado, desbordando las estrechas relaciones criticadas entre el aula-taller de tecnología y el aula ordinaria, porque lo que se puede aprender en el aula de tecnología no es sólo a simular los procesos de construcción y desarrollo tecnológico, sino a simular los procesos (que quizá no existan, pero que en todo caso deben existir) para la evaluación de los efectos sociales de los diversos desarrollos tecnológicos, y a simular los procesos de participación pública que pueden permitir la democratización de las decisiones sobre ellos. De este modo se puede, además, promover en el aula una comprensión mucho más completa de la actividad tecnológica de nuestro

presente. Difícilmente en la educación secundaria podrán enseñarse en un aula-taller de tecnología los procesos de desarrollo de las modernas biotecnologías; sin embargo, no son necesarios recursos especiales para promover en el aula el debate y la evaluación sobre las implicaciones sociales y éticas de las mismas. Tampoco será preciso tener contacto directo ni saber diseñar los complejos procesos industriales que, al mismo tiempo, producen efectos sobre el desarrollo económico y sobre la capa de ozono, lo que no impide evaluar en el aula los complicados equilibrios entre ambos. Se tenga o no contacto con las nuevas tecnologías de la información o la comunicación, parece imprescindible que una educación completa sobre ellas debe incorporar lo relativo a sus efectos sobre nuestras formas de vida.

Para todo ello la perspectiva CTS aporta una adecuada mirada crítica que permite inspirar las propuestas educativas prácticas sin las cuales estas reflexiones sobre las finalidades de la educación tecnológica carecerían de valor para la transformación educativa. A continuación se presentan someramente las características de este enfoque CTS y sus implicaciones para la educación tecnológica, para proponer, por último, algunos ejemplos de carácter práctico que permitan ofrecer contenidos concretos y aplicables a las aulas de tecnología, a las propuestas que hasta ahora se han planteado en un plano sólo reflexivo.

4. El enfoque CTS y la educación tecnológica

En la medida en que los estudios CTS se ocupan del estatuto académico de la tecnociencia, consideran que es difícil separar radicalmente ciencia de tecnología, y pensar en ésta como la aplicación práctica de aquélla.

A la hora de estudiar la tecnociencia se ha dado una gran importancia a los factores sociales que casi siempre se presentaban como externos a la actividad tecnocientífica y ajenos a ella. Los estudios CTS, en esta vertiente académica, han mostrado que resulta muy arduo comprender los debates en torno a las teorías científicas sin atender al contexto social en el que surgen y se desarrollan. También se ha insistido en la necesidad de estudiar el trabajo que realizan los científicos en los laboratorios aplicando sobre ellos la mirada que el antropólogo dirige a los pueblos o culturas que estudia. Así, estos laboratorios se nos presentan ahora no como esos lugares imaginados en los que cada investigador trabaja de manera planificada siguiendo los pasos marcados por el método científico y asumiendo los principios éticos de los que hablara Merton (1973), sino que los científicos resuelven y negocian los problemas científicos de manera no muy distinta a como se hace en la actividad política.

Otra de las aportaciones de los estudios CTS es la consideración de que es poco probable que dos laboratorios enfrentados por una teoría se propongan de acuerdo sobre cómo ha de realizarse un experimento que resolviera la cuestión. Los resultados experimentales pueden ser interpretados de más de una forma. La actividad científica se encuentra sometida a una flexibilidad interpretativa. Así, las controversias científicas no se resuelven o clausuran sólo a partir de los datos, sino también de mecanismos sociales, retóricos, institucionales, etc., que los estudios CTS han ido desvelando.

Las aportaciones de los estudios CTS se pueden resumir, siguiendo a Echeverría (1995) en los siguientes puntos:

- Se fijan no sólo en los aspectos «racionales» de las decisiones y elecciones de los científicos, sino sobre todo en sus prácticas efectivas.
- Desvelan la función que cumplen las instituciones científicas en la promoción y recepción de nuevas teorías y descubrimientos.
- Muestran el funcionamiento real de la investigación en los laboratorios y los procesos mediante los que se construyen los consensos entre los investigadores.
- Estudian y ponen de manifiesto las maneras en que las comunidades científicas reciben nuevos hechos y teorías, a la vez que destacan el papel de los aparatos experimentales y de medición, y la elaboración de representaciones científicas para el desarrollo y consolidación de los conceptos y teorías científicas.

- Y, por último, redefinen las relaciones entre ciencia y tecnología, abandonando la visión según la cual las tecnologías sólo son aplicaciones de la ciencia.

Pero los estudios CTS también se han ocupado de la nueva conciencia social hacia las tecnologías. Estos estudios han estado motivados, en gran medida, por la percepción que se tiene de los riesgos que comporta la ubicua expansión de las tecnologías. Tales riesgos consisten, por un lado, en las mayores probabilidades que hay de que se produzcan daños que afecten a una buena parte de la humanidad, daños que están asociados a la universalización de la tecnología: de las catástrofes nucleares hasta la lluvia ácida o el hundimiento de buques petroleros que vierten productos contaminantes. Por otro lado, a diario se nos exige que tomemos decisiones sobre cuestiones para las que las certidumbres morales o las seguridades que aportaban los saberes tradicionales han desaparecido: la compra en el supermercado (organismos genéticamente modificados, vacas locas, colesterol, etc.), la conducción de automóviles, el empleo de la telefonía celular... son actos corrientes que se han vuelto problemáticos.

Así, a partir de algunos accidentes en los años sesenta y de nuevas teorizaciones sobre la tecnociencia en la sociología, la historiografía y la economía del cambio técnico, aparece una nueva visión de la tecnología y sus relaciones con la sociedad. En esta visión la tecnología no es autónoma, sino que se inserta en un contexto sociocultural, económico y político. Es por ese contexto, y no sólo por los elementos técnicos, por lo que las tecnologías adquieren ciertas características, usos, riesgos, impactos, etc. Esta nueva percepción es la que propicia y fundamenta la participación pública en la toma de decisiones tecnocientíficas.

¿Qué puede entenderse por «participación pública»? Hoy la democracia no es un ideal lejano sólo realizado en algunos países. La mayor parte de los Estados se consideran democráticos, o, al menos, estiman que la democracia es el menos malo de los sistemas. Cosa diferente es qué se entiende por democracia. Aquí las diferencias pueden ser muy amplias. Sea como sea, las formas de participación en la vida pública son ahora mucho mayores que en tiempos no muy lejanos, aunque también es cierto que en muchas sociedades que se consideran democráticas los grados de participación política son escasos en ocasiones, dando lugar a fenómenos de deslegitimación política y a la separación entre la ciudadanía y la política.

Si existe cierta distancia entre ciudadanos y política, la que separa tecnociencia y público se acentúa. Como ya se ha dicho, ante la tecnología se manifiestan actitudes tecnófilas o tecnófobas, pero pocas veces se da un compromiso y una proximidad con las cuestiones tecnocientíficas que nos afectan. A pesar de ello, con la ya mencionada difusión del enfoque CTS en distintos países se han empezado a poner en marcha diferentes tipos de iniciativas que promueven esa participación pública en decisiones tecnocientíficas. Siguiendo a López Cerezo y Luján (2000) señalaremos algunas de ellas:

- Las *audiencias públicas*, en las que se trata de que grupos de personas interesadas participen en un foro abierto en el que se escuchan y valoran las propuestas de alguna administración pública sobre un asunto tecnocientífico que va a ponerse en marcha.
- Las *audiencias parlamentarias*, en las que los grupos políticos escuchan a expertos y otros actores sociales sobre una cuestión tecnocientífica que les afecta y que tiene interés por estar discutiéndose en el parlamento una ley relacionada con el asunto.
- La *gestión negociada*, en la que diferentes grupos y el propio gobierno constituyen un comité que tendrá que alcanzar alguna posición consensuada sobre un problema tecnológico determinado, posición que los representantes gubernamentales se comprometerán a llevar a la práctica.
- Los *paneles de ciudadanos*, que son una especie de jurados populares que deben considerar y decidir sobre un asunto tecnocientífico tras haber analizado la información disponible, escuchado a expertos, etc.
- La *encuesta de opinión*, seguramente el medio de participación más extendido. En ella se quiere recoger la percepción que el público tiene de una determinada cuestión tecnocientífica, aunque aquí, evidentemente, la participación del público no es muy activa.

Está claro que si se pretende la participación responsable de la ciudadanía se requiere una educación que facilite dicha participación. Es casi seguro que sólo una pequeña parte de los alumnos que pasen por la escuela van a estar en el futuro relacionados profesionalmente con alguna tecnología. Pero lo que sí es seguro es que todos los ciudadanos que entren en el sistema escolar (que en la escolarización obligatoria son todos, por definición) vivirán en un mundo donde el papel de la tecnociencia será abrumador. No es deseable que esos alumnos mantengan actitudes irracionales respecto a las tecnologías, ni en el sentido tecnófobo, de rechazo a toda tecnología, ni en el tecnófilo, de ciega admiración por cualquier tecnología. El sistema educativo tiene que ser el encargado de formar a una ciudadanía responsable en su trato con las tecnologías. Una ciudadanía que no sólo conozca el funcionamiento de determinado artefacto tecnocientífico, sino el funcionamiento de la propia tecnociencia en su relación con la sociedad. Una ciudadanía preparada, además, para intervenir con responsabilidad en las cuestiones tecnológicas que le afecten o le puedan afectar.

[...]