

Las concepciones de la tecnología*

Marta I. González García, José A. López Cerezo, José L. Luján López

No es difícil reconocer la importancia que la tecnología tiene hoy en todos los ámbitos de nuestra sociedad. Basta con echar una mirada a nuestro alrededor. Por esto, es sorprendente que el estudio del fenómeno tecnológico haya suscitado tradicionalmente tan poco interés académico. Existen, sin embargo, razones que pueden explicar que el estudio de la tecnología haya sido relegado frente, por ejemplo, al estudio de la ciencia en humanidades y ciencias sociales.

Las concepciones de la tecnología como ciencia aplicada o como meros instrumentos han contribuido, sin duda, a considerar de escasa importancia el análisis de la tecnología (Luján López, 1989; Sanmartín, 1988 y 1990). Si la tecnología no es más que ciencia aplicada, lo que se debe hacer es analizar el proceso científico, ya que esto nos dará la clave para entender la tecnología. Si la ciencia es valorativamente neutral, entonces los artefactos resultantes de su aplicación también lo son: será más bien el uso que se haga de ellos lo que plantee problemas éticos, políticos y sociales. Teniendo en cuenta todo esto no es difícil entender por qué el análisis de la tecnología en general y el estudio filosófico de la tecnología en particular se ha visto frenado hasta hace pocas décadas.

El objetivo de este capítulo es doble. Por una parte, realizar un análisis crítico de algunas concepciones anacrónicas de la tecnología, como la artefactual y la intelectualista. No se trata realmente de teorías bien articuladas acerca de la naturaleza de la tecnología, sino más bien de imágenes populares arraigadas en el público en general, presentes con frecuencia en el mensaje de divulgadores científicos y presupuestas implícitamente por un buen número de expertos. Consideramos que estas concepciones, con su defensa de la autonomía y neutralidad de la ciencia y la tecnología, han favorecido una determinada imagen de la evolución de la tecnología que mantiene el dilema, erróneo, de eficacia interna *versus* interferencia externa, dando lugar a una determinada concepción de la evaluación de tecnologías que sustenta, a su vez, un modelo tecnocrático de ordenamiento político (Ilerbaig y Luján López, 1990; López Cerezo, 1993). Contra estas concepciones defenderemos, por otra parte, una concepción amplia de la tecnología como formas de organización social. Consideramos que esta nueva imagen constituye una base adecuada para la defensa de una concepción de la evaluación de tecnologías que permita la participación democrática de los ciudadanos.



* Este capítulo ha sido elaborado con la colaboración de M.I. de Melo Martín.

Concepción intelectualista de la tecnología

La concepción de la tecnología como ciencia aplicada es habitual en el ámbito académico. Desde esta perspectiva, la tecnología es un conocimiento práctico que (al menos desde finales del siglo XIX) se deriva directamente de la ciencia, del conocimiento teórico. La historia que la respalda es bien conocida. Las teorías se consideran fundamentalmente conjuntos de enunciados que tratan de explicar, mediante argumentos causales, el mundo natural. Son objetivas, racionales y libres de cualquier valor externo a la propia ciencia, es decir, neutrales. El desarrollo del conocimiento científico se concibe como un proceso progresivo y acumulativo, articulado a través de teorías cada vez más amplias y precisas que van subsumiendo y sustituyendo a la ciencia del pasado. Las teorías pueden, en algunos casos, aplicarse, obteniendo así tecnologías, pero la ciencia pura no tiene nada que ver, en principio, con la tecnología. Las teorías científicas son previas a cualquier tecnología, de manera que no existe tecnología sin teoría, pero pueden existir teorías sin contar con tecnologías.

MUNDOS ACADEMICOS. Sin llegar a defender su neutralidad valorativa, Mario Bunge (1980: cap. 13; 1989: cap. 20) es un destacado representante de la concepción de la tecnología como un cuerpo de conocimiento que resulta eventualmente de la aplicación de la ciencia. Bunge, no obstante, pertenece al reducido ámbito académico de la filosofía de la ciencia y la tecnología. Un ámbito académico sin duda más amplio, e influyente, es el constituido por los propios científicos e ingenieros. En este caso, los intérpretes de la naturaleza de la tecnología son aquellos colegas dedicados a la divulgación científica. Entre los autores conocidos internacionalmente que asumen o defienden explícitamente una concepción intelectualista de la tecnología, destacan Carl Sagan (e.g. 1974: cap. 4) e Isaac Asimov (e.g. 1983: Parte IV). Véase también Godman y Denney (1985: 33) como ejemplo de manual de consulta donde se asume la concepción comentada.

Si las teorías son valorativamente neutrales, suele defenderse en esta concepción, no es entonces posible exigir responsabilidad a los científicos cuando éstas son puestas en práctica. En todo caso, si hubiese que exigir algún tipo de responsabilidad, ésta debería recaer sobre quienes hacen uso de la ciencia aplicada, es decir de las tecnologías. Y aun entonces, las tecnologías mismas, en tanto que formas de conocimiento, quedarían fuera de la esfera valorativa.

Científicos e ingenieros, políticos y legisladores, defienden habitualmente la neutralidad de la ciencia y se escudan en su autoridad para justificar determinadas acciones. La ciencia "pura", con sus criterios de racionalidad y objetividad, está fuera de las influencias de cualquier juicio de valor, prejuicios culturales o intereses políticos, y no tiene nada que ver con el uso de las posibles aplicaciones que de ella puedan derivarse.

Sin embargo, como hemos discutido anteriormente (capítulos 2 y 3) y se halla suficientemente argumentado en la literatura CTS (e.g., Barnes, 1982; Longino, 1990a), la ciencia pura no deja de ser un mito por más que se apele a ella en la divulgación científica y el discurso político. Técnica y teoría han estado íntimamente unidas desde los orígenes de nuestra cultura. La separación entre estas dos actividades no ha sido nunca nítida, pero desde la Revolución Industrial y la consagración de la ciencia institucionalizada, la división es insostenible. Necesidades y disponibilidades técnicas seleccionadas por intereses particulares han influido poderosamente en el desarrollo del conocimiento científico,

promocionando determinados programas de investigación y bloqueando otros. De un modo complementario, toda teoría científica tiene un rango de aplicabilidad, aunque en ocasiones sea difícil apreciarlo prospectivamente. La selección de unas teorías en vez de otras restringe y condiciona las formas de acción instrumental que pueden emplearse (véase el capítulo 13). Por otra parte, los intereses políticos, económicos, ideológicos o sociales han orientado y orientan determinados programas de investigación, fomentado ciertas políticas científico-tecnológicas o apoyado determinadas líneas de conocimiento; elecciones que condicionan, en gran medida, el carácter de las tecnologías diseñadas bajo su influencia (véase el capítulo 14).

Concepción artefactual de la tecnología

La concepción artefactual o instrumentalista de la tecnología es la visión más arraigada en la vida ordinaria. Se considera que las tecnologías son simples herramientas o artefactos contruidos para una diversidad de tareas. Sostener esta concepción implica afirmar que no existe una diferencia esencial entre los útiles de piedra de la antigüedad y los modernos artefactos tecnológicos. Ciertamente, la tecnología moderna tiene una estructura más compleja, pero eso no supone un cambio fundamental. Desde esta perspectiva, es natural ver en la tecnología algo valorativamente neutral. Los artefactos tecnológicos pueden usarse bien o mal, pero es su uso lo que puede ser impropio, no el artefacto en sí mismo. Por supuesto, las tecnologías pueden tener algunos efectos perjudiciales, la contaminación por ejemplo, pero esto no es culpa de la tecnología sino de una equivocada política social o de una falta de sofisticación que puede corregirse construyendo mejores artefactos. Se considera que la tecnología es independiente de cualquier sistema político o social, de esta forma, cualquier tecnología puede ser transferida de un país a otro sin más dificultad que la concerniente a la financiación. Las tecnologías son neutrales porque permanecen esencialmente bajo las mismas normas de eficacia independientemente del contexto cultural, político o económico en el que se dan.

Esta visión reduccionista de la tecnología impide su análisis crítico e ignora las intenciones e intereses sociales, económicos y políticos de aquellos que diseñan, desarrollan, financian y controlan la tecnología. La tecnología, como la ciencia, no es neutral. Un artefacto tan aparentemente inocuo como un puente puede estar cargado de política, tal como muestra Langdon Winner (1986) en su conocido ejemplo de los puentes de Long Island, Nueva York. Muchos de los puentes sobre paseos de Long Island son notablemente bajos, con apenas tres metros de altura. Robert Moses, arquitecto de Nueva York responsable de esos puentes, así como de otros muchos parques y carreteras neoyorquinas desde 1920, tenía un claro propósito al diseñar los doscientos pasos elevados de Long Island. Se trataba de reservar los paseos y playas de la zona a blancos acomodados poseedores de automóviles. Los autobuses que podían transportar a pobres y negros, con sus cuatro metros de altura, no podían llegar a la zona. Más adelante, Moses se aseguró de ello al vetar una propuesta de extensión del ferrocarril de Long Island hasta Jones Beach (véase Winner, 1986: cap. 2). También un edificio tiene una estructura política, como revela el diseño de numerosos edificios universitarios en la España franquista: un pequeño número de vías de acceso, a pesar de dificultar el tránsito en un edificio de uso público masivo, permite también un mejor control de la policía en caso de disturbios.

Otro tanto podríamos decir de tecnologías sociales como la del sistema impositivo. A través de un complejo entramado de impuestos directos e indirectos, el Estado no solamente contribuye (idealmente) a promover la justicia distributiva y proveer a los ciudadanos de servicios básicos, también modela sus formas de vida y relaciones interpersonales a través de la promoción de determinados hábitos y costumbres y la obstaculización de otros.

Por otra parte, existen también tecnologías inherentemente políticas; es decir, algunas tecnologías son, en determinadas circunstancias sociales, más compatibles con unos modelos particulares de autoridad y poder que con otros alternativos. Basar, por ejemplo, el suministro energético de un país en la energía nuclear es también, entre otras cosas, crear una estructura altamente centralizada y jerarquizada que gestione tan preciado y peligroso bien. Supone reforzar determinada concepción antidemocrática sobre la estructura y distribución del poder (véase Winner, 1986). Simplemente, es temerario intentar gobernar democráticamente un barco. Puede o no ser necesaria la producción de energía de fisión en un país dado (las necesidades, por otra parte, también dependen de valores y presupuestos), pero lo que desde luego está claro es que la discusión no concierne solamente a cuestiones técnicas y de seguridad. No es casual que en las antípodas políticas encontremos la producción de energía solar (véase Dickson, 1973).

La tecnología, lejos de ser neutral, refleja los planes, propósitos y valores de nuestra sociedad. Hacer tecnología es, sin duda, hacer política y, puesto que la política es un asunto de interés general, deberíamos tener la oportunidad de decidir qué tipo de tecnología deseamos. Mantener que la tecnología es políticamente neutral favorece la intervención de "expertos" que deciden lo que es "correcto" basándose en una evaluación "objetiva" e impide, a su vez, la participación democrática en la discusión sobre diseño e innovación tecnológica. Más adelante desarrollaremos este punto.

Tecnología autónoma

Tanto la concepción intelectualista de la tecnología como la concepción artefactual tienden a producir una determinada imagen de la evolución de la tecnología. Esta imagen resulta de suponer que la tecnología, presuntamente al igual que la ciencia, tiene su propia lógica interna de desarrollo: una lógica de la eficacia en la que no deben producirse interferencias externas. Hay, se pretende, un camino objetivo que señala la mejora en eficacia de, digamos, diseños aeronáuticos o técnicas quirúrgicas. Como también se pretende que existe un proceso teleológico que, partiendo de la energía animal, pasa por los motores de vapor y acaba en los reactores nucleares. Sólo se trata de conquistar nuevas fronteras mediante descubrimientos científicos e innovaciones tecnológicas. De este modo, las generaciones de ordenadores parecen sucederse casi a través de un linaje propio.

La idea de una tecnología autónoma, es decir, de una tecnología que no está controlada por los seres humanos sino que sigue su propia inercia, ha sido utilizada o comentada en numerosas ocasiones. Uno de los ámbitos en los que más influencia ha tenido esta idea es en el de la ficción (véase, e.g., Winner, 1977; Hickman, 1985b). Todos tenemos presente la imagen de la criatura del Dr. Frankenstein "escapando" al control de su creador y siguiendo su propia voluntad. En el ámbito de la filosofía, el tema de la autonomía de la tecnología ha sido analizado por autores clásicos como Jacques Ellul (1954), Lewis Mumford (1934) o

Herbert Marcuse (1954). Se trata de un tema característico de la tradición americana en CTS (e.g., Winner, 1977; véase el capítulo 7).

La autonomía de la tecnología sólo puede defenderse si se entiende de una manera trivial. Se dice que la tecnología es autónoma porque el inventor pierde el control sobre su invento una vez que éste está disponible para el público y esto, sin duda alguna, es cierto pero trivial, ya que es verdadero de todos los aspectos de nuestra sociedad. Sin embargo, esta falta de control por parte del inventor no hace al invento autónomo, sino que su desarrollo está en función de cómo sea integrado en el sistema productivo y de comercialización. Por otra parte, se dice que la tecnología es autónoma porque el inventor no puede predecir todas las consecuencias que su invento va a tener, y esto también es cierto. Sin embargo, el hecho de que no se puedan anticipar todas las consecuencias de una acción no significa que esa acción sea autónoma. Una vez que determinada tecnología entra en el dominio público, su difusión será resultado de una serie de decisiones y compromisos que no dependen de un único factor y, por lo tanto, será muy difícil predecir todas las consecuencias de esa difusión (véase Pitt, 1987), del mismo modo que es difícil hacer predicciones acerca del comportamiento o la evolución de las sociedades en general.

Quienes mantienen la tesis de la autonomía de la tecnología suelen cosificarla y atribuirle poderes causales. Las actitudes tecno-catastrofistas y tecno-optimistas deben entenderse en este contexto. El siguiente paso, para el tecno-catastrofista, es señalar la amenaza que dicha autonomía supone para los seres humanos que, en una visión apocalíptica, llegarán a estar completamente dominados por la tecnología. La única alternativa para una tecnología que está fuera de control es entonces destruirla para volver a una sociedad menos tecnológica y más humanizada.

Para el tecno-optimista, los "poderes causales" de la tecnología tienen un significado muy diferente. Es esa ausencia de control social sobre la tecnología, secuestrada por su propia lógica interna, lo que precisamente permite su acción benefactora. Esta tesis de la autonomía de la tecnología impide, de cualquier modo, un análisis crítico del proceso tecnológico, deja libre de responsabilidades a ingenieros, científicos y políticos y abre el camino para el irracionalismo romántico o la simple tecnocracia (cf. Habermas, 1968).

"ELOGIO DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGIA" es el título de un artículo divulgativo de Carl Sagan (1974: cap. 4) donde ejemplifica los "extraños e impredecibles" caminos, aunque a la larga benefactores de la humanidad, que siguen normalmente las aplicaciones prácticas de la ciencia. Un proceso aparentemente caprichoso puede llevar desde los descubrimientos de Faraday y las ecuaciones de Maxwell, hasta los modernos marcapasos y alarmas automáticas contra incendios. Ahora bien, una vez materializado el conocimiento científico, el producto de la ciencia parece disfrutar de una lógica propia de desarrollo que no sólo se supone que debemos respetar sino que incluso se pretende que debe servir de molde para el cambio social. "La ciencia y la tecnología quizá sean parcialmente responsables de muchos de los problemas más graves que hoy tenemos planteados, pero lo serán en gran parte a causa de la inadecuada comprensión de los mismos por parte del ciudadano medio (la tecnología es una herramienta [intelectual, *i.e.* como ciencia aplicada], no una panacea) y del insuficiente esfuerzo que se ha hecho para acomodar nuestra sociedad a las nuevas tecnologías" (Sagan, 1974: 48).

La crítica más evidente que se puede hacer a la tesis de la autonomía de la tecnología es, pues, que tiene una concepción estrecha de lo que es la tecnología. Si vemos la tecnología no sólo como resultado sino también como un proceso que incluye factores sociales, psicológicos, económicos y políticos, donde los valores e intereses humanos están constantemente presentes, la tesis de una tecnología autónoma pierde su base.

Determinismo tecnológico

La imagen de la tecnología autónoma y fuera del control humano que se desarrolla según su propia lógica suele llevar asociada una concepción determinista de las relaciones entre tecnología y sociedad. Desde esta perspectiva se defiende que la tecnología es un factor independiente y que el cambio tecnológico es la causa principal del cambio social. Se asume que el progreso tecnológico sigue un camino fijo y, aunque los factores políticos, económicos o sociales pueden influir en ese progreso, no pueden alterar la poderosa influencia de la tecnología sobre el cambio social ni, por supuesto, la línea general de evolución de tal cambio, que vendría dada por la lógica interna del desarrollo tecnológico (véase, en general, Smith y Marx, 1994).

Hay dos posibles líneas de actuación ante esta tesis. Si se considera que el cambio tecnológico es fundamentalmente beneficioso, lo recomendable es no oponerse a su proceso de evolución. La organización social debe adaptarse al progreso técnico de acuerdo con los imperativos de la tecnología (véase, *e.g.*, Toffler, 1980). Si, por el contrario, se considera que el cambio tecnológico no beneficia a la sociedad, lo único recomendable es acabar con la tecnología (véase, *e.g.*, Ellul, 1954). De nuevo, actitudes polares enfrentadas. En cualquier caso, la investigación en evaluación de tecnologías o en políticas científico-tecnológicas resulta superflua, ya que para realizar ambas actividades es necesario suponer que somos capaces de intervenir en el desarrollo tecnológico y esto es precisamente lo que niega la tesis del determinismo.

La objeción más evidente que puede hacerse a esta tesis es de carácter epistemológico. Dados nuestros conocimientos actuales es imposible demostrar de modo concluyente que la tecnología, o cualquier otro factor independiente, sea el determinante principal o un determinante independiente de los cambios sociales (véase el capítulo anterior).

Nadie puede negar, no obstante, que la tecnología condiciona el tipo de sociedad que tenemos, la tecnología contribuye a configurar las formas específicas de la vida moderna. Ciertas tecnologías son más adecuadas a unas formas de vida que a otras, pero esto no significa que el cambio en nuestras formas de vida esté irrevocablemente predeterminado por la lógica inevitable del desarrollo tecnológico. Afirmar esto es cosificar la tecnología, descontextualizándola; e ignorar las redes de intereses sociales decisivos para la puesta en práctica de una u otra tecnología es seguir dejando la gestión de la política tecnológica en manos de una élite tecnocrática. Sin duda, las innovaciones tecnológicas que se decidan tendrán un impacto social, podrán incluso alterar nuestros patrones comunes de convivencia y llegar a generar otros totalmente distintos, pero este cambio lo habrán producido las tecnologías (y otra serie de elementos asociados) que esos poderes han fomentado en función de unos intereses determinados. Otros intereses habrían favorecido presumiblemente otras tecnologías que, a su vez, habrían tenido otra clase de impacto social. Más que de determinismo, de lo que puede hablarse es, en palabras de L. Winner, de

sonambulismo tecnológico: "El interesante problema de nuestros tiempos es que caminamos dormidos voluntariamente a través del proceso de reconstrucción de las condiciones de la existencia humana" (1986: 26).

Un nuevo concepto de tecnología

La renovación conceptual CTS y las nuevas perspectivas incorporadas en el conjunto de estudios sociales sobre la tecnología quedan expresadas en un cambio en la propia definición del concepto de tecnología. Como hemos visto, el elemento básico de la concepción tradicional de la tecnología era su componente sustantivo e instrumental. Este tiene incluso un carácter definitorio en la concepción artefactual. De este modo, la tecnología tendía a concebirse como el resultado de la ciencia aplicada, el producto de la actividad tecnológica. No era extraño entonces acabar identificando la tecnología con automóviles o microondas, trenes de alta velocidad, ordenadores o robots industriales. En la actualidad, dentro de ámbitos académicos, el énfasis en la definición tiende a ponerse más en el proceso que conduce a la generación de resultados, es decir, en la práctica tecnológica. Esta, creemos, es hoy una característica común a los principales enfoques CTS en el estudio de la tecnología.

Se puede hablar de dos definiciones de tecnología, una restringida y otra general (Pacey, 1986). En la primera sólo se hace referencia al aspecto técnico (conocimiento, destreza y técnica, herramientas, máquinas o recursos), en ella entrarían las concepciones intelectualista y artefactual, mientras que la segunda incorpora, además de los rasgos ya mencionados, los aspectos organizativos (actividad económica e industrial, actividad profesional, usuarios y consumidores) y los aspectos culturales (objetivos, valores y códigos éticos, códigos de comportamiento). Los cambios técnicos pueden producir ajustes en los aspectos culturales y organizativos, del mismo modo que las innovaciones en la organización pueden conducir a cambios técnicos y culturales. Arnold Pacey propone que el fenómeno tecnológico sea estudiado, analizado, valorado y gestionado en su conjunto, esto es, como una práctica social, haciendo explícitos los valores culturales a ella subyacentes. De acuerdo con las concepciones convencionales de la tecnología, las soluciones a los problemas planteados por la sociedad son exclusivamente técnicas. Pacey, por el contrario, considera que en muchas ocasiones las soluciones más acordes con los deseos y las esperanzas de los ciudadanos dependen en mayor grado de cambios en la esfera organizativa.

ETICA INGENIERIL. Numerosos autores, especialmente en la tradición americana, han insistido en la necesidad de desarrollar un código ético específico para ingenieros. Se trataría de hacer de ellos profesionales conscientes de las incertidumbres valorativas que afectan a los elementos de juicio que utilizan, en la *Big Science* contemporánea, así como de las graves e importantes consecuencias sociales y ambientales de su actividad. Este tipo de iniciativas es sin duda importante, pero también encierran un cierto peligro cuando van acompañadas de una concepción simplista de la tecnología (de corte intelectualista o artefactual); puesto que entonces, bajo el hechizo de la autonomía de la tecnología, se tiende también a defender la necesidad de un conocimiento especializado para dar cuenta del nuevo problema de los valores en un mundo, el ingenieril, dominado por el ideal interno de la eficacia. Dejemos, parece decirse en esta interpretación corporativista de la ética ingenieril, a los ingenieros mismos resolver los problemas valorativos y sociales

relacionados con su actividad. Ciertamente, el desarrollo de códigos deontológicos para ingenieros y tecnólogos puede ser de gran ayuda en la formación de profesionales conscientes de su responsabilidad social. Pero la ética ingenieril, en nuestra opinión, debe complementarse con controles democráticos de la actividad tecnológica (véase, en este sentido, el capítulo 11). Por ejemplo, la profesión médica ha utilizado tradicionalmente un código deontológico propio. Sin embargo, esta práctica ha sido claramente insuficiente por sí sola para resolver los problemas éticos y sociales generados por la medicina. Los códigos deontológicos son un primer paso, pero no el último ni el más importante, en el camino de una gestión adecuada de la actividad tecnológica.

Otros autores, enfatizando los aspectos sociales sobre los técnicos, han caracterizado a las tecnologías como formas de organización social (Wynne, 1983; Schienstock, 1994). Es interesante observar cómo este tipo de concepciones plantea la cuestión de la participación pública. Frente a la tradicional imagen de la tecnología como un conjunto de artefactos (que involucran contingentemente agentes y procesos sociales), se defiende en estas concepciones una nueva imagen de la tecnología como un complejo interactivo de formas de organización social (que implican característicamente la producción y uso de artefactos, así como la gestión de recursos). De este modo, la lógica interna de los artefactos es sustituida, como factor primario distintivo de las tecnologías, por el modo en que involucran la interacción de distintos agentes y procesos sociales. En la terminología de Pacey (1986): se priman los aspectos organizativos y culturales sobre los aspectos técnicos.

Más aún, las políticas científico-tecnológicas y de intervención ambiental constituyen claramente experimentos sociales y formas de organización socioeconómica. Presentan elementos valorativos y un carácter social que no pueden ser considerados como una mera cuestión de impacto positivo o negativo (a determinar también por los expertos). Los rasgos sociales y valorativos son más bien partes constituyentes de esas mismas políticas y sus tecnologías asociadas (Winner, 1986; Sanmartín, 1987).

De hecho, una concepción estrecha de la tecnología, restringida a sus aspectos técnicos, tiende a excluir a los posibles usuarios de la gestión de los procesos de investigación y desarrollo (I+D), y es, por tanto, una causa básica de ineficiencia, pues produce la inviabilidad social de las nuevas tecnologías (o de aplicaciones nuevas de tecnologías familiares). Del mismo modo que la exclusión de las personas eventualmente afectadas también resulta en ineficiencia, pues prepara el terreno para la resistencia social. La "interferencia externa", de este modo, no solamente no es un obstáculo para el desarrollo tecnológico, sino más bien una necesidad para su viabilidad, una vez tenido en consideración el crucial componente social de cualquier forma de tecnología (véase Wynne, 1983: 27; así como el capítulo 15). Presentar como opuestos "participación externa" y "eficiencia interna", al hablar de tecnología, es así crear un dilema interesado y erróneo. Ni es bueno para la democracia ni es bueno para la ciencia. Parece por tanto necesario desarrollar una nueva concepción de la tecnología como formas de organización social que involucran distintos segmentos sociales, además de opinión especializada y, con frecuencia, el uso o producción de artefactos y la gestión de recursos (como procesos que incluyen fases características de construcción e implementación).

Esta imagen alternativa de las tecnologías, además de dar cuenta del dilema eficacia interna *versus* interferencia externa (legitimando la "interferencia externa" como participación necesaria), puede presentar también la controversia CTS entre Europa y Estados Unidos

como un falso metadilema. En efecto, tal concepción permite dar cuenta de la flexibilidad interpretativa de las tecnologías (entendidas como procesos sociales) y de la carga política de las tecnologías (entendidas como productos sociales). El desarrollo de una tecnología constituye un proceso abierto, cuyo curso es determinado por la interacción de los distintos grupos sociales relevantes (dadas las limitaciones interpretativas impuestas por las características físicas del artefacto en cuestión y su ambiente cultural y económico de selección). Ahora bien, en cada punto del desarrollo temporal de un artefacto tecnológico, especialmente cuando éste se consolida y atrinchera como producto tecnológico (véase el apartado siguiente), hay una flexibilidad interpretativa que ha sido dejada atrás como resultado de la negociación o imposición de una determinada interpretación. Es en este sentido en el que podemos decir que el resultado de un proceso abierto, socialmente flexible, tiene una carga política concreta. De este modo, la flexibilidad interpretativa enfatizada por Woolgar con respecto al proceso no sólo no es incompatible con la carga política del producto tecnológico subrayada por Winner, sino que más bien ambas se complementan mutuamente (véase la polémica Winner-Woolgar en el capítulo 7).

¿DETERMINISMO TECNOLÓGICO O DETERMINISMO SOCIAL? La evolución histórica del conjunto de estudios sociales sobre la tecnología está recorrida por una controversia entre dos posiciones extremas: determinismo tecnológico *versus* determinismo social. Lo curioso de esta dicotomía es que, pese a tratarse de dos posiciones enfrentadas, poseen algunos efectos prácticos comunes. Desde ambos determinismos, por lo menos en su versión más extrema, se ven como carentes de sentido las investigaciones sobre evaluación de tecnologías y sobre políticas científico-tecnológicas. La razón de que esto sea así es fácil de entender: tanto la evaluación de tecnologías como los estudios de políticas científico-tecnológicas presuponen que tenemos la capacidad de influir sobre el desarrollo tecnológico y sobre su impacto social. Es más, presuponen que una acción efectiva que pretenda conducir a la tecnología hacia ciertos objetivos (económicos, políticos o sociales) depende de nuestra comprensión de la interacción entre tecnología y sociedad (Pavitt, 1987).

Al estudiar esta interacción tenemos que distinguir entre tres ámbitos de análisis: I+D, innovación y difusión de la innovación (o cambio tecnológico). Una parte de la controversia entre determinismo tecnológico y determinismo social depende precisamente del ámbito de estudio de que se trate (Luján López, 1992). Los estudios sociales sobre I+D o sobre innovación se ocupan principalmente de los factores sociales que influyen en el proceso de construcción de tecnologías; mientras que, en gran parte de las investigaciones sobre el cambio tecnológico, las tecnologías aparecen como dadas, y se analiza su influencia en el contexto económico (si bien en la mayoría de aproximaciones es este contexto el que selecciona a su vez las tecnologías en cuestión). La posibilidad de superar la dicotomía anteriormente señalada depende de la capacidad de conseguir aproximaciones que, haciendo uso de un nuevo concepto de tecnología, puedan abordar tanto los procesos de invención como los de innovación y cambio tecnológico.

Ecosistemas y sociosistemas

A propósito de esta nueva forma de entender la naturaleza de la tecnología, puede ser útil introducir el término "sociosistema". Las tecnologías, en tanto que formas de organización social que involucran característicamente el uso de artefactos o ciertos modos de gestión de

recursos, se integran en sociosistemas más amplios en los que establecen vínculos de interdependencia funcional con otras tecnologías y diversas clases de parámetros socioeconómicos y culturales (véase el caso de estudio presentado en el capítulo 15). Es el reajuste general del sociosistema, derivado de la introducción con éxito de una nueva tecnología, el que denominamos atrincheramiento tecnológico (de la tecnología dada).

De este modo, la discusión sobre el cambio tecnológico puede enriquecerse notablemente por analogía con respecto al tratamiento del concepto "ecosistema" en ecología. Es bien conocido el delicado equilibrio que caracteriza a los distintos ecosistemas que, más o menos estables, más o menos libres de intervención humana, pueden encontrarse en el medio natural. La introducción de una nueva especie animal o vegetal puede provocar una situación de inestabilidad que, en determinadas ocasiones, puede acabar en catástrofe. Los ejemplos son desgraciadamente bien conocidos.

La situación más familiar para los seres humanos es la de los ecosistemas profundamente transformados por medio de tecnologías agrícolas e industriales. El cultivo de arroz en las zonas húmedas del levante y sur español coexiste con flamencos, anguilas y una diversidad animal y vegetal, más o menos ajustada a la constante intervención humana sobre el sistema. En el litoral mediterráneo, las tradicionales encinas y alcornoques han sido progresivamente sustituidas por pinos en una milenaria acción antropogénica. Las praderías y el ganado vacuno del norte de España coexisten asimismo con lobos, corzos, buitres y otras especies, que mantienen un delicado equilibrio entre sí, y, a su vez, con el uso humano de una parte considerable de la superficie. La introducción de especies exóticas (como el eucalipto en el norte de España) o de usos agrícolas extraños (como agresivos pesticidas) en esos "socioecosistemas" puede provocar su degradación y la eventual catástrofe, tanto para las especies animales y vegetales presentes como para la viabilidad económica de su uso futuro. Simplemente se desprecia (en parte por ignorancia) el inestable equilibrio que permite la continuidad de un sistema (la continuidad de los seres vivos que lo habitan y la continuidad de su explotación racional) para injertar en él un elemento extraño que, se supone, optimizará su rendimiento económico.

Se concibe la naturaleza, aun intervenida por la agricultura, como un almacén de recursos en el que vale cualquier forma de mejorar económicamente su explotación. Y, como en el caso de la introducción del eucalipto en el medio rural asturiano, un incremento de beneficios a corto plazo puede acabar en un deterioro irreversible de la fauna y flora, de la calidad del suelo, e incluso en irreversibles transformaciones socioeconómicas aparentemente sin conexión (véase López Cerezo y González García, 1993a; y González García, 1993b). ¿Qué ha ocurrido? --nos preguntamos cuando ya es demasiado tarde. Simplemente, tenemos eucaliptos australianos pero no tenemos koalas ni bacterias apropiadas para degradar las hojas del eucalipto y enriquecer el suelo, ni tenemos un tipo de suelo que no se deteriore y erosione por su cultivo, ni una economía en la que encaje sin producir contaminantes efectos secundarios (a través de su uso en la industria de la celulosa), etc.

El problema es similar en la transferencia de tecnologías a sociosistemas extraños, en los que pueden producir más perturbación social y económica que mejora de la calidad de vida. Los ejemplos son abundantes en la literatura sobre el tema. Uno de ellos es el intento de controlar la natalidad en Bangladesh a través de la transferencia descontextualizada de tecnologías occidentales (*i.e.* suministro y distribución de DIUs). Los dispositivos intrauterinos pueden funcionar bien en Estados Unidos o España, donde las mujeres saben cómo

utilizarlos y hay una buena organización sanitaria para resolver los problemas que puedan derivarse de su uso. En Bangladesh, sin las condiciones culturales y sanitarias, personales e institucionales de los países occidentales, se consigue disminuir la natalidad, sí, pero mediante la muerte por infección de las mujeres que usan los DIUs (véase Hartmann, 1987).

La innovación tecnológica y la intervención ambiental ignoran a menudo las características del sociosistema en el que van a integrarse. El trabajo de los expertos se realiza, típicamente, sobre "sistemas ideales" más que sobre "sociosistemas reales". En los procesos de abstracción, cuantificación, estandarización, etc., se pierde necesariamente parte de la información relevante: un sociosistema pasado por el tamiz de la economía y la estadística ya no es el mismo, y son estos "sociosistemas idealizados" sobre los que se planifica y realiza la innovación tecnológica o la intervención ambiental (en el mejor de los casos, es decir, cuando se toman en consideración las características socioeconómicas antes de proceder a la intervención).

En este sentido, el conocimiento "de primera mano" que los habitantes "no expertos" tienen de los sociosistemas que habitan puede ser de utilidad para anticipar los impactos negativos de ciertas intervenciones tecnológicas y ambientales. El público tiene una familiaridad con sus sociosistemas que a los científicos se les escapa (véase Shrader-Frechette, 1990; y Wynne, 1992a; así como el capítulo 15). El campesino, por ejemplo, sin tener información acerca del pH del suelo o el nivel de agua en la capa freática, conoce perfectamente los efectos ecológicos negativos del eucalipto porque ha experimentado que, con una plantación de eucaliptos en la finca adyacente, su huerto, sus manzanos y sus pastos sufren un deterioro progresivo.

PROGRESO IRREVERSIBLE. "The fatal metaphor of progress, which means leaving things behind us, has utterly obscured the real idea of growth, which means leaving things inside us." ["La metáfora fatal del progreso, que significa dejar cosas detrás de nosotros, ha oscurecido por completo la auténtica idea de crecimiento, que significa dejar cosas dentro de nosotros".] --G.K. Chesterton.

Al suponer un conocimiento privilegiado producto de la investigación científico-tecnológica, habitualmente se atribuyen "opiniones" (subjetivas, "pre-científicas") al público, y "argumentos" (objetivos, racionales, científicamente fundados) a los expertos. El movimiento del laboratorio al "mundo real" (expresión de Latour) implica la transformación de ese "mundo real" de formas no siempre deseables. "Dejar cosas detrás" no siempre es mejor que "dejar cosas dentro", en el sentido de que las innovaciones tecnológicas/ambientales deberían tender a incorporarse de forma no traumática a los sociosistemas, sin dar lugar a cataclismos irreversibles.

La tecnología, por tanto, no es autónoma en un doble sentido: por un lado no se desarrolla con autonomía respecto a fuerzas y factores sociales, y, por otro, no es segregable del sociosistema en que se integra y sobre el que actúa (como elemento que es de su sociosistema, su aplicación a otros sociosistemas diferentes puede acarrear problemas y efectos imprevistos). La tecnología forma una parte integral de su sociosistema, contribuye a conformarlo y es conformada por él. No puede, por tanto, ser evaluada independientemente del sociosistema que la produce y sufre sus efectos.

Ahora bien, dado que no sólo en la transferencia de tecnologías aparecen impactos negativos afectando al sociosistema, ¿cómo es posible que una tecnología que surge en un sociosistema determinado pueda tender a desestabilizarlo? El problema es más complejo de lo que parece. Por ejemplo, la introducción del eucalipto en el norte de España y las repoblaciones masivas e indiscriminadas son producto de las condiciones del sociosistema: una política desarrollista más interesada por los beneficios a corto plazo que por los posibles perjuicios a largo; malos tiempos para la ganadería debido a las cuotas impuestas por la CE; una migración creciente del campo a la ciudad, etc. El problema del eucalipto se desencadena por la introducción de un elemento extraño en un socioecosistema que no es capaz de asimilarlo sin sufrir profundas e irreversibles transformaciones; sin embargo, esa introducción está condicionada por desequilibrios previos del socioecosistema y, de hecho, contribuye a agravarlos. ¿Son estos factores las consecuencias desestabilizadoras de la introducción de una especie exótica para el sociosistema rural asturiano, o son, por el contrario, características propias de ese sociosistema, que anuncian su crisis y conducen a la aparición de ese tipo de soluciones? (véase el capítulo 15).

Otro ejemplo: la promoción de tecnologías de reproducción asistida está profundamente ligada a la ideología del determinismo biológico. Es, en este sentido, producto de un sociosistema de cuyo equilibrio también forman parte una serie de convicciones acerca de la maternidad biológica y la perpetuación de los propios genes. La generalización incontrolada del uso de tecnologías de reproducción asistida puede, de hecho, desestabilizar ese equilibrio de múltiples formas imaginables en un espectro que va desde los riesgos para las mujeres sometidas a los tratamientos de fertilidad hasta "mundos felices" con niños a la carta. El sociosistema produce el germen de su propia degradación (véase el capítulo 14).

Los ecosistemas se desestabilizan a menudo con la introducción de factores exógenos. Digamos que el ecosistema es "natural" y que es normalmente la intervención sobre él, la introducción de un elemento "artificial" (debida o no al ser humano), lo que provoca con frecuencia el desajuste y eventual catástrofe. Pero a diferencia de los ecosistemas, los sociosistemas suelen producir también sus propias fuentes de desequilibrio. ¿Es autónoma, después de todo, la tecnología? ¿Adquiere en algún momento un desarrollo independiente del marco en el que se originó?

La evidencia de que el hombre es capaz de involucrarse en actividades "autodestructivas", sean éstas riesgos individualmente asumidos o colectivamente impuestos, es innegable. En el caso de la tecnología, la élite de expertos impone la ideología "tecnocientifista" para la resolución de problemas y la satisfacción de necesidades de la colectividad que compone determinado sociosistema. Los mitos sobre la universalidad, la autonomía y el determinismo tecnológico hacen el resto del trabajo. La realidad del trabajo de los expertos es, por desgracia, bien diferente. La desestabilización se produce con la introducción de cualquier elemento nuevo que no tenga en consideración el equilibrio previo, es decir, cuando se buscan soluciones reduccionistas y unidimensionales para determinados problemas, sin tener en cuenta los desajustes que pueden producir en otras partes del sociosistema.

Nuevamente, la pregunta anterior: ¿cómo es posible que una tecnología que surge de un sociosistema determinado pueda tender a desestabilizarlo? Porque los sociosistemas evolucionan y no siempre disponen de mecanismos efectivos para controlar las variaciones, como al potenciar tecnologías concretas que, aun contribuyendo positivamente a determinado sector productivo, pueden tener graves efectos sobre otros sectores o el

ambiente. De este modo, la eventual implementación de tales mecanismos de control depende de abandonar previamente la concepción atomística y artefactual de la tecnología que subyace a la tradicional ideología del progreso.

Por supuesto, la posible utilidad del concepto de sociosistema depende de caracterizar unos rasgos básicos de los sociosistemas que hagan posible un uso fructífero por analogía (con los ecosistemas), sin llegar a proporcionar una definición tan precisa que elimine toda vaguedad, pues dicha definición sólo sería exacta a costa de ser arbitraria. Un concepto de sociosistema definido demasiado restringidamente es insatisfactorio porque introduce una simplificación excesiva sobre sistemas de interrelaciones muy complejos, o bien porque puede omitir la integración de los sociosistemas en marcos relacionales mayores. Ahora bien, un concepto demasiado laxo de sociosistema sería inútil porque no añadiría nada al famoso "contexto social". Se puede ser riguroso sin ser exageradamente preciso, y el rigor es siempre deseable. Dos dificultades a este respecto son la identificación de los límites o fronteras de un sociosistema y la elaboración de un criterio que permita identificar los sociosistemas "en equilibrio".

Con todo, el concepto de sociosistema parece introducir una terminología útil, así como una nueva visión de la naturaleza de la tecnología y su papel en la sociedad (*i.e.*, las tecnologías como elementos estructurales de sociosistemas), permitiendo describir críticamente procesos como el de la transferencia de tecnologías y el atrincheramiento tecnológico. Adicionalmente, el paralelismo entre sociosistemas y ecosistemas, así como la continuidad reflejada por el término "socioecosistema" (discutido más arriba), permitiría proporcionar un tratamiento unificado a los problemas de gestión de la innovación tecnológica y la intervención ambiental, en política tecnológica y política ambiental (del modo ensayado en el caso de estudio del capítulo 15). Ahora bien, el concepto de sociosistema, por sí solo, y la analogía sobre la que se apoya su uso, no proporciona una nueva teoría de la tecnología bien articulada.

Este texto es un capítulo de: Marta González García, José Antonio López Cerezo y José Luis Luján: *Ciencia, tecnología y sociedad. Una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología*, ed. Tecnos, Madrid 1996. Reproducido con la amable autorización de los autores y de ed. Tecnos. A continuación consta el índice del libro completo:

INDICE

Presentación

I. EL ESTUDIO SOCIAL DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGIA

(Marta I. González García, José A. López Cerezo, José L. Luján López)

Capítulo 1. La ciencia y la tecnología entre nosotros

La imagen popular de la ciencia y la tecnología
El gobierno impopular de la ciencia y la tecnología

Capítulo 2. Concepción tradicional de la ciencia y la tecnología

- El legado positivista
- Ciencia, tecnología, sociedad
- La ideología cientifista

Capítulo 3. Fin de la hegemonía: La reacción académica

- La fragilidad del conocimiento inductivo
- Relativismos
- La carga teórica de la observación
- Infradeterminación
- Clausura metodológica
- Racionalidad constructiva

Capítulo 4. Fin de la hegemonía: La reacción social

- La reacción social en el mundo académico
- La respuesta administrativa a la reacción social
- Activismo social y consolidación institucional del movimiento CTS

Capítulo 5. Las dos principales tradiciones CTS

Capítulo 6. Tradición europea

- La nueva sociología del conocimiento científico
- Explorando la caja negra desde dentro
- Orientaciones postmodernas
- Instrumentos y materiales para la construcción del mundo
- De la ciencia a la tecnociencia

Capítulo 7. Tradición americana

- Los orígenes y los temas de la tradición americana
- Fenomenólogos, pragmatistas y otras corrientes filosóficas
- Las consecuencias sociales de la ciencia y la tecnología
- Sexo y ciencia
- La filosofía de la ciencia en Estados Unidos

Capítulo 8. Un tercero en discordia

- Economía y gestión de la ciencia y la tecnología
- Las microinnovaciones
- Las macroinnovaciones
- Gestión y política de la ciencia y la tecnología

Capítulo 9. Las concepciones de la tecnología

- Concepción intelectualista de la tecnología
- Concepción artefactual de la tecnología
- Tecnología autónoma
- Determinismo tecnológico
- Un nuevo concepto de tecnología
- Ecosistemas y sociosistemas

Capítulo 10. Convergencia entre tradiciones: Evaluación de tecnologías y acción política

- La tenacidad de la tecnocracia
- Teoría y práctica de la evaluación de tecnologías
- La práctica de la participación pública
- Renovación de la evaluación de tecnologías
- Evaluación de tecnologías y política científico-tecnológica
- La democratización de la política científico-tecnológica: Algunas propuestas

Bibliografía general y selección CTS

II. TEMAS CTS Y CASOS DE ESTUDIO

Capítulo 11. Cuestiones éticas en ciencia y tecnología: Análisis introductorio y bibliografía (C. Mitcham)

- Ética en ciencia
- Ética nuclear
- Ética ambiental
- Ética médica y bioética
- Ética de los ordenadores y otras tecnologías electrónicas del tratamiento de la información
- Ética ingenieril
- Ética de la tecnología
- Conclusión
- Notas

Capítulo 12. Educación CTS en acción: Enseñanza secundaria y universidad (J.L. Luján López y J.A. López Cerezo)

- La necesidad de una renovación educativa
- CTS en enseñanza secundaria
- CTS en la universidad
- El sentido de la enseñanza: Renovación metodológica
- Algunas técnicas didácticas
- Enfoques con orientación CTS en la enseñanza de las ciencias
- Un enfoque general afín: La investigación-acción
- Educación CTS en España
- Sumario y conclusiones
- Referencias y lecturas recomendadas en educación

Capítulo 13. Teorías de la inteligencia y tecnologías sociales (J.L. Luján López)

- Un modelo general de análisis de controversias científico-tecnológicas
- Tecnologías sociales y teorías de la inteligencia
- El programa científico-tecnológico hereditarista
- El programa científico-tecnológico ambientalista
- Controversias actuales en el estudio de la inteligencia
- Inteligencia social *versus* inteligencia biológica
- Conclusiones
- Notas
- Bibliografía

Capítulo 14. Investigación biomédica y tecnologías de reproducción (M.I. de Melo Martín)

- Introducción
- Tecnologías de reproducción
- Antecedentes sociales de las nuevas tecnologías de reproducción
- Consecuencias de las nuevas tecnologías de reproducción
- Conclusión
- Notas
- Referencias

Capítulo 15. Participación pública en política tecnológica y ambiental: El caso de la política forestal en Asturias (M.I. González García y J.A. López Cerezo)

- Precisando la cuestión
- El carácter del conocimiento experto
- El conocimiento experto como interacción social
- El conocimiento experto como intercambio social
- La utilidad del conocimiento popular
- Política forestal en Asturias
- La tecnificación de un problema social
- La transformación del ecosistema
- La utilidad del conocimiento popular local
- Conclusión
- Referencias