
LA VIDA SOCIAL DE LAS MAQUINAS: ORIGENES, DESARROLLO Y PERSPECTIVAS ACTUALES EN LA SOCIOLOGIA DE LA TECNOLOGIA

Eduardo Aibar*
Universidad de Salamanca

RESUMEN

Aunque la denominada nueva sociología de la tecnología cuenta con una historia relativamente corta —aproximadamente unos quince años—, ha logrado articular una nueva y prometedora perspectiva teórica sobre la compleja relación entre sociedad y tecnología, así como una gran cantidad de estudios detallados de caso. Este trabajo describe los orígenes y desarrollo de esta disciplina y ofrece una visión esquemática de los tres enfoques que la caracterizan: el enfoque de sistemas, el constructivismo social y la teoría del actor-red. Se tratan igualmente algunas implicaciones sociológicas y teóricas de estos enfoques y se presta especial atención a los problemáticos vínculos entre la sociología de la tecnología y la sociología del conocimiento científico. Finalmente, se apuntan de forma tentativa algunas posibles líneas de investigación para los próximos años.

1. INTRODUCCION

La Sociología de la Tecnología constituye un campo de investigación relativamente nuevo en el ámbito general de la sociología. Los trabajos más representativos en este nuevo programa de investigación han sido elaborados aproxi-

* Departamento de Filosofía, Lógica y Filosofía de la Ciencia (grupo EPOC).

madamente en los últimos quince años. El primer encuentro internacional de investigadores en el área de la sociología de la tecnología —o en el «estudio social de la tecnología», como es denominado también— se celebró en la Universidad de Twente (Países Bajos), en julio de 1985. Los trabajos presentados en dicha reunión fueron recogidos en el volumen *The Social Construction of Technological Systems. New Directions in the Sociology and History of Technology*, compilado por W. Bijker, T. Hughes y T. Pinch¹, que se ha convertido en una de las obras más emblemáticas en el actual análisis sociológico de la tecnología.

Los trabajos presentados en Twente tuvieron un carácter marcadamente programático —aunque en las versiones publicadas en la obra mencionada fueron enriquecidos con distintos estudios empíricos—. El encuentro tuvo como resultado más destacable la elaboración de un programa de investigación más o menos informal en sociología de la tecnología, en el que podían distinguirse, aunque de forma embrionaria, tres enfoques principales: el enfoque de sistemas, el enfoque del actor-red y el enfoque constructivista social. Posteriormente, las tres perspectivas han sido agrupadas por observadores externos bajo la etiqueta general de *constructivismo social* o, simplemente, con la de *constructivismo*.

En parte con objeto de responder a la cuestión de si este nuevo programa de investigación era capaz de generar un *corpus* suficientemente amplio de estudios empíricos detallados, se celebró un segundo encuentro² en 1987 —también en los Países Bajos—. La respuesta unánime de los investigadores reunidos fue un «sí» categórico.

En efecto, la sociología de la tecnología, en un período de tiempo relativamente corto, ha producido no sólo un gran número de estudios de caso sobre múltiples ámbitos de la tecnología, sino, además, una aproximación teórica al desarrollo tecnológico que se enfrenta radicalmente a las concepciones tradicionales de la tecnología en diversos ámbitos disciplinares clásicos, así como una nueva perspectiva para el tratamiento de algunos problemas característicos de la teoría social. En especial, la sociología de la tecnología ha logrado articular una visión, claramente innovadora en muchos aspectos, de los complejos procesos de interacción —o, más bien, co-producción— entre sociedad y tecnología. Por todo ello, no resulta aventurado sostener que la sociología de la tecnología constituye en la actualidad uno de los ámbitos de investigación sociológica más dinámicos y prolíficos, tanto empírica como teóricamente.

Algunas veces se añade el epíteto «nueva» a la actual sociología de la tecnología surgida a mediados de los ochenta. La razón de ello es que existe un grupo de sociólogos norteamericanos —Ogburn, Gilfillan y Nimkoff, principalmente— que, durante la primera mitad del siglo XX, acometieron la tarea de establecer una sociología de la tecnología. En un artículo representativo de

¹ Véase Bijker, Hughes y Pinch (1987).

² Versiones posteriores de los trabajos presentados en este segundo encuentro se recogen en Bijker y Law (1992).

esta orientación y publicado en 1922, Ogburn y su colaboradora D. Thomas sostenían, por ejemplo, que las invenciones tecnológicas, lejos de ser destellos impredecibles de inspiración, debían considerarse como *inevitables* (Ogburn y Thomas, 1922). Estos autores defendían un modelo evolutivo del desarrollo tecnológico, por oposición a la imagen tradicional del heroico inventor aislado. Se enfatiza, por lo tanto, el proceso acumulativo de variaciones sucesivas que acaba produciendo un nuevo artefacto. Cuando los componentes necesarios están presentes —especialmente los elementos técnicos constitutivos— puede afirmarse en cierto sentido que la invención *debe* tener lugar. Como evidencia para esta tesis, Ogburn y Thomas señalaban el gran número de invenciones que han sido hechas independientemente por más de una persona.

Ogburn es también responsable, por otro lado, de la popularización del concepto de *retraso cultural*: la idea de que los valores, los hábitos, las creencias y las estructuras sociales a menudo se transforman a un ritmo considerablemente más lento que las innovaciones tecnológicas. Para Ogburn, los diversos elementos del ámbito sociocultural siempre se desarrollan con un cierto retraso frente a la evolución de la tecnología (Ogburn, 1933).

Este incipiente intento de fundar una sociología de la tecnología, sin embargo, no logró establecer una tradición sólida y duradera de estudios. Desde la nueva perspectiva adoptada por la actual sociología de la tecnología, además, el trabajo de estos autores americanos muestra dos características especialmente problemáticas: la adopción explícita de la tesis del *determinismo tecnológico* y el énfasis casi exclusivo en la cuestión de los efectos o *impactos sociales* de la tecnología. De hecho, ambos aspectos, combinados con un *modelo lineal* del desarrollo tecnológico y con un tratamiento *asimétrico* de los artefactos técnicos, están también presentes —en mayor o menor grado, dependiendo de los casos— en las disciplinas que tradicionalmente han hecho de la tecnología un fenómeno merecedor de estudio: la economía, la historia y, más recientemente, la filosofía.

2. DETERMINISMO TECNOLÓGICO E IMPACTOS SOCIALES DE LA TECNOLOGÍA

La tesis del determinismo tecnológico tiene dos vertientes distintas aunque relacionadas. En primer lugar, se considera que la tecnología constituye un ámbito de la realidad relativamente *autónomo*. Se piensa, así, que la tecnología sigue su propio curso al margen de la intervención humana o social y que, en lo fundamental, se desarrolla de forma incontrolada. Autores como Jacques Ellul, John Kenneth Galbraith o Martin Heidegger, procedentes de ámbitos disciplinares tan dispares, se muestran de acuerdo al afirmar que la tecnología se desarrolla según sus propias leyes inexorables, siguiendo una lógica particular que en último término acaba escapando a cualquier intento de control humano (Winner, 1979).

La tesis de la tecnología autónoma defiende, por lo tanto, una *relación unidireccional* entre tecnología y sociedad. Se considera que los desarrollos tecnológicos influyen significativamente en el orden social, mientras que la tecnología se muestra, por el contrario, impermeable a la influencia de factores sociales. La influencia de la tecnología en el ámbito social se produce, pues, desde su *exterior* —de la misma forma que la tesis del determinismo climático en el siglo XIX consideraba los efectos supuestamente determinantes del clima (un factor autónomo e independiente de la sociedad) en el medio social (MacKenzie y Wajcman, 1985: 4)—. Se considera que, aunque los sujetos de la innovación tecnológica son indudablemente miembros del sistema social, su actividad innovadora se sitúa en un plano independiente de dicha pertenencia: o es fruto de la simple aplicación de conocimiento científico, o bien consiste en la mejora de la eficiencia de artefactos ya existentes.

La segunda vertiente de la tesis del determinismo tecnológico se expresa paradigmáticamente en la afirmación de que *el cambio social se halla determinado por el cambio tecnológico*. Se trata, pues, de la idea de determinismo tecnológico en sentido estricto: por un lado, se considera que la base técnica de una sociedad es la condición fundamental que afecta a todos los modos de existencia social y, por otro, se piensa que los cambios tecnológicos son la fuente más importante de cambios sociales. Expresada escuetamente en estos términos, la tesis del determinismo tecnológico puede parecer una posición difícil de defender, pero constituye, sin embargo, un punto de vista muy extendido. La mayor parte de estudios de impactos sociales de la tecnología adoptan una u otra forma de determinismo tecnológico: se supone que ciertas instancias específicas del cambio social se hallan determinadas por las características *internas* de una innovación tecnológica concreta. Sin embargo, el determinismo tecnológico alcanza su máxima expresión cuando la introducción de una tecnología se interpreta causalmente como el agente básico de una transformación global del sistema social. El estudio clásico de White sobre la contribución del estribo al establecimiento de la sociedad feudal europea constituye un ejemplo paradigmático (White, 1978). Algunas interpretaciones de la obra de Marx, en las que la tecnología deviene el elemento central en el desarrollo de las fuerzas productivas y, consecuentemente, el determinante básico de los cambios sociales en general, pueden situarse en la misma línea³.

En la actualidad, por ejemplo, muchos trabajos sobre el impacto social de

³ La interpretación determinista tecnológica de Marx descansa primariamente en la identificación de las fuerzas productivas con la tecnología (Blauner, 1964). Según este punto de vista, el desarrollo de la tecnología y de la productividad es el verdadero «motor de la historia». Los métodos productivos del capitalismo pueden constituir la base para el socialismo puesto que la tecnología se sitúa más allá (o más acá) de la lucha de clases (Burns, 1969). Otro grupo de autores, sin embargo, rechazan frontalmente la atribución de determinismo tecnológico a la obra de Marx y apoyan (mediante notables estudios de caso históricos) la tesis de que la tecnología misma se halla configurada, significativamente, por la lucha de clases (Braverman, 1985; Noble, 1984).

la informática (o sobre la denominada *revolución informática*) adoptan posiciones cercanas al determinismo tecnológico. Se supone en muchas ocasiones que las características básicas de la sociedad futura —en este caso la *sociedad de la información*— estarán determinadas fundamentalmente por la forma en que el trabajo, las organizaciones, el ocio o la política se vean afectados por los nuevos desarrollos informáticos. A veces, se acepta la existencia de un cierto número de opciones sociales posibles (sociedad del ocio *versus* paro estructural, por ejemplo); en cualquier caso, el abanico de opciones es limitado y, lo que es más importante, está limitado por la tecnología. Mientras que el medio social puede adoptar diversas configuraciones dependiendo del tipo de tecnología preponderante, la tecnología misma se considera un producto fundamentalmente «no social» cuyo desarrollo tiene lugar de forma inexorable o, por lo menos, aporoblemática.

La tesis del determinismo tecnológico, por otro lado, se halla fuertemente emparentada con el denominado *modelo lineal* del desarrollo tecnológico que los estudios históricos, económicos y filosóficos de la tecnología suelen emplear implícita o explícitamente. De forma esquemática, el modelo lineal se presenta como una sucesión de fases discretas conectadas en un único sentido: conocimiento científico, aplicación del mismo a un problema práctico, innovación tecnológica, difusión y uso. Esta forma de entender el desarrollo tecnológico —omnipresente también en el diseño de políticas tecnológicas o en el área de la evaluación de la tecnologías⁴— ha sido puesta en entredicho en los últimos años desde los estudios sociales de la tecnología. Por un lado, algunos elementos específicos del modelo lineal, como la conceptualización de la tecnología como «mera ciencia aplicada», resultan actualmente insostenibles, tanto desde un punto de vista metodológico como histórico⁵. Por otro lado, tanto la conexión unidireccional entre los eslabones como la independencia entre las distintas fases del proceso han sido rebatidas desde distintos estudios de caso; hoy sabemos que las fases de diseño y difusión, por ejemplo, muestran un solapamiento innegable en muchos casos.

La imagen tradicional de la tecnología ha propiciado también la elaboración de genealogías lineales en las que se agrupan diversas innovaciones técnicas encadenadas unas a otras, según un criterio de eficacia creciente. En ese sentido, el estudio de la tecnología ha sido altamente propenso a los peligros de la *distorsión retrospectiva*, propiciando una lectura *teleológica* del material histórico: se sugiere que la historia del desarrollo tecnológico sigue una trayectoria ordenada y racional, en la que la situación actual aparece como el objetivo preciso al que apuntan deliberadamente todas las decisiones tomadas en el pasado.

Otro problema presente en muchos estudios históricos, económicos y filosóficos de la tecnología es el carácter *asimétrico* de los análisis. Se ha señalado

⁴ Véase al respecto Aibar y Díaz (1994).

⁵ Véase Aibar (1989).

que en los 25 volúmenes de *Technology and Culture* publicados hasta 1985, sólo nueve artículos habían sido dedicados al estudio de innovaciones técnicas fracasadas (Staudenmaier, 1985). Esta preferencia manifiesta por las innovaciones exitosas parece sustentarse en la suposición implícita de que *el éxito de un artefacto constituye una explicación suficiente de su ulterior desarrollo*. En muchas ocasiones, los historiadores de la tecnología, por ejemplo, interpretan el éxito evidente de un artefacto como demostración palpable de que cualquier otro trabajo explicativo adicional es innecesario o superfluo.

Desde la actual sociología de la tecnología, los estudios económicos y filosóficos sobre la tecnología presentan, además, un nivel de generalidad demasiado alto. Mientras que la filosofía de la tecnología se ha desarrollado casi absolutamente al margen de la investigación empírica o histórica, el análisis de los «contenidos» de la tecnología no ha desempeñado un papel relevante en los estudios económicos. Utilizando una metáfora introducida en la sociología del conocimiento científico, podríamos decir que los estudios económicos y filosóficos de la tecnología no se han preocupado de abrir la «caja negra» de la tecnología.

Esta crítica del olvido del contenido técnico de las innovaciones no puede hacerse, sin embargo, a la historia de la tecnología, en que sí podemos encontrar numerosos estudios detallados del desarrollo de tecnologías específicas en los que se incluyen análisis de sus pormenores técnicos. A pesar de ello, puede decirse que, hasta la década de los ochenta, los historiadores —siguiendo el dudoso precepto de un descriptivismo a ultranza— se han mostrado escasamente interesados en ofrecer explicaciones o generalizaciones que vayan más allá de los distintos estudios de caso. Aunque han entrado, efectivamente, en la caja negra de la tecnología, han quedado en la mayoría de los casos atrapados en su interior (Bijker, 1995).

3. LA CONFIGURACION SOCIAL DE LA TECNOLOGIA

El punto de partida básico de la sociología de la tecnología es la crítica a la tesis del determinismo tecnológico y a los supuestos teóricos y metodológicos en que se sustenta. Dicha crítica se articula a través de una concepción alternativa de la relación entre sociedad y tecnología, que intenta superar la parcialidad de los análisis de impactos centrándose, en su lugar, en el estudio de los factores de diverso orden que configuran el desarrollo de los artefactos técnicos. Desde la posición determinista, la tecnología aparece en muchos casos como configurada únicamente por ella misma o, como mucho, por la investigación científica. Economistas evolutivos como G. Dosi, por ejemplo, han intentado promover el estudio del cambio tecnológico a partir del esquema conceptual kuhniiano para el análisis del cambio científico (Dosi, 1982). Para Dosi, la tecnología se desarrolla, por lo tanto, según determinados *paradigmas*. Esta consideración ha llevado a algunos economistas a utilizar la noción de *tra-*

vectorias naturales para explicar el desarrollo subsecuente de una tecnología, bajo un paradigma dado (Nelson y Winter, 1982). De hecho, muchos estudios empíricos producidos desde la sociología de la tecnología han estado dirigidos a demostrar que no hay nada «natural» en el desarrollo de las tecnologías (MacKenzie, 1992); que el desarrollo tecnológico es, fundamentalmente, *contingente* y que cualquier instancia de trayectoria «natural» o «necesaria» es el logro (el efecto), ciertamente costoso y complejo, de las estrategias de los actores involucrados.

La sociología de la tecnología se muestra también especialmente crítica con la reducción de la interacción entre tecnología y sociedad al flujo de los impactos de la primera sobre la segunda. En primer lugar, la influencia de la tecnología en la sociedad no se produce desde un ámbito *exterior* —tal y como los análisis de impactos sugieren—. Las diversas características —económicas, políticas, culturales, etc.— de una sociedad dada desempeñan un papel muy importante en las decisiones de distinto orden que configuran una tecnología concreta y determinan su diseño y difusión. Es un hecho incuestionable que la misma tecnología —desde el estribo al ordenador electrónico— puede tener efectos muy distintos en contextos sociales diferentes. La idea de que la tecnología tiene efectos «directos» o «evidentes» en la sociedad es demasiado simplista y, de hecho, la determinación de los impactos o consecuencias secundarias de una tecnología constituye un proceso mucho más difícil y problemático de lo que cabría esperar desde el modelo *standard*. No es casual que muchos de los conflictos actuales en nuestra cultura tecnológica giren, precisamente, en torno a controversias sobre la determinación de los efectos (ambientales, sociales, económicos...) de tecnologías concretas. Además, la presunta objetividad de los efectos descansa en una consideración aún más primaria: la idea de que tales efectos son causados por las características internas de la tecnología, como si éstas constituyeran un dominio de factores evidentes y aproblemáticos sobre cuya naturaleza no cabe la posibilidad de desacuerdo⁶.

La sociología de la tecnología, a pesar de todo, no cae en el error de afirmar que la tecnología no tiene efectos sociales: la idea —común en ciertos ámbitos— de que las tecnologías son, en sí mismas, inherentemente *neutrales*; la idea de que lo único realmente importante y decisivo es la sociedad que las utiliza y la forma en que lo hace. En lugar de ello, la sociología de la tecnología salta a un plano distinto en que la dicotomía entre neutralidad y determinismo tecnológico se desvanece: se trata de entender que la tecnología ejerce una gran influencia social, pero no desde un ámbito externo, sino en combinación con factores no tecnológicos.

Es en este sentido que la sociología de la tecnología enfatiza los procesos de *configuración social*⁷ de la tecnología. El interés por la configuración social de los artefactos técnicos —frente al énfasis exclusivo de los estudios clásicos en los impactos sociales de la tecnología— adquirió una formulación explícita y

⁶ Véase al respecto Grint y Woolgar (1995).

⁷ En inglés: *social shaping*.

elaborada en una de las primeras obras compilatorias aparecidas en el campo de la nueva sociología de la tecnología: el volumen *The Social Shaping of Technology*, editado por Donald MacKenzie (uno de los autores pioneros en la sociología del conocimiento científico) y Judy Wajcman⁸.

La importancia de esta obra reside, en primer lugar, en que inaugura un nuevo ámbito de investigación sobre la relación entre tecnología y sociedad: el análisis del impacto de factores sociales de distinto orden en el diseño de la tecnología —es decir, lo que en términos poco precisos podríamos denominar el impacto de la sociedad en la tecnología, por contraposición al impacto de la tecnología en la sociedad—. En general, los trabajos reunidos en este volumen —y que agrupan a un gran número de autores procedentes de disciplinas diversas— están escritos bajo la premisa básica de que la tecnología constituye un recurso cuyo desarrollo, despliegue y utilización se hallan dirigidos fundamentalmente por intereses sociales de diverso orden —intereses económicos, intereses de clase, de género, políticos, organizativos, nacionales, etc.—. Tomados en su conjunto, los trabajos recogidos exponen un *corpus* de evidencia empírica lo suficientemente amplio e impresionante como para que dicha tesis sea tomada, consecuentemente, muy en serio⁹.

A continuación realizaremos un breve recorrido por los tres enfoques actuales más característicos de la nueva sociología de la tecnología: el enfoque de sistemas, el modelo constructivista social y la teoría del actor-red.

4. EL ENFOQUE DE SISTEMAS

La sociología de la tecnología ha sido caracterizada (Bijker, 1993) como hija de dos ilustres progenitores: la sociología del conocimiento científico (fundamentalmente europea) y la historia de la tecnología (desarrollada principalmente en los EE.UU., a partir de la labor pionera de autores como Melvin Kranzberg). Por lo que respecta a esta última, la obra del historiador Thomas Hughes (1983) supone un punto de inflexión destacado. En claro contraste con la metodología historiográfica tradicional en el terreno de la tecnología, Hughes ha elaborado un cierto esquema conceptual (llamarlo «teoría» puede resultar presuntuoso) que permite establecer una serie de valiosas generalizaciones sobre el desarrollo de la tecnología y que abre las puertas al tratamiento sociológico completo de los sistemas tecnológicos. *Networks of Power*, publicada en 1983, traza con gran detalle y profundidad el crecimiento de la industria de producción y suministro de electricidad en el período 1880-1930 y puede

⁸ MacKenzie y Wajcman (1985).

⁹ Naturalmente, los distintos autores difieren en la determinación de los intereses y grupos sociales relevantes. Estas diferencias reflejan, por una parte, las diversas procedencias disciplinares y, por otra, también, las diferencias entre las áreas empíricas estudiadas.

considerarse uno de los trabajos pioneros en el nuevo estudio sociohistórico de la tecnología¹⁰.

El tratamiento de Hughes es metódico y exhaustivo, tanto por lo que respecta a las cuestiones técnicas, como a las económicas o políticas. Hughes introduce una serie de metáforas para ordenar y tratar el rico material histórico reunido. La más importante de ellas es la noción de *sistema sociotécnico*. Según su caracterización, un sistema sociotécnico está constituido por partes o componentes de muy diverso tipo: artefactos físicos (generadores, transformadores, motores, líneas eléctricas, etc.), organizaciones (empresas, entidades financieras, etc.), componentes incorpóreos de tales organizaciones (libros, artículos científicos, programas de investigación, etc.), dispositivos legales (leyes, patentes, etc.), recursos naturales, etc. (Hughes, 1987). Dichos componentes se hallan conectados entre sí mediante una red o estructura. Los componentes interconectados de un sistema técnico se controlan normalmente de forma centralizada y usualmente los límites del sistema están determinados por el grado y eficacia de dicho control. De hecho, una de las habilidades básicas del *constructor de sistemas*¹¹ es la de establecer la unidad a partir de la diversidad y la centralización frente a la multiplicidad. Los controles se ejercen para optimizar el funcionamiento del sistema. Como los componentes están relacionados mediante una red de interconexiones, el estado o actividad de un componente influye en el estado o actividad de otros componentes del sistema. Aunque es costumbre definir los sistemas como técnicos, económicos, políticos o sociales, la centralización del control que se lleva a cabo sobre sistemas de tipos distintos hace posible la conceptualización de los sistemas sociotécnicos.

Hughes enfatiza también la importancia de la anotación de *registros* para el ejercicio del control centralizado: es imposible construir un gran sistema sociotécnico sin una estructura que proporcione, simplifique y yuxtaponga los datos, de forma que puedan ser fácilmente manejados en un único *centro de control*. Dado que los elementos que componen un sistema tienen un carácter claramente heterogéneo, estos procedimientos de constitución de un observatorio implican un proceso de *homogeneización* en el que acontecimientos de diverso orden se convierten en registros.

Hughes se resiste a la tesis del determinismo tecnológico y sugiere que el *momentum* tecnológico de los sistemas sociotécnicos sólidamente establecidos surge a partir de la inversión de recursos económicos, habilidades prácticas y formas organizativas y no puede entenderse, pues, como un proceso natural o necesario. Las tecnologías existentes generan una serie de núcleos cerrados en los que se mantienen cautivos una multitud de intereses políticos y económicos, hasta que los recursos invertidos se agotan.

Hughes se opone a la distinción tradicional entre el contenido técnico del sistema y su contexto social (organizativo, político, etc.). Aquellos factores que normalmente se etiquetan como sociales u organizativos forman parte, en

¹⁰ Véase también Hughes (1985).

¹¹ *System builder* (Hughes, 1983).

muchos casos, del núcleo del sistema y constituyen componentes esenciales para su funcionamiento. El concepto de entorno debe restringirse a aquellos elementos (tanto técnicos como sociales) que escapan al control centralizado del sistema; precisamente, los sistemas en expansión intentan absorber (redefinir, controlar) tantos factores de su entorno como sea posible —o, dicho de otra forma, intentan construir su propio entorno.

Por otro lado, para Hughes, el estudio de los contenidos técnicos no es algo que deba evitarse: es necesario abrir la *caja negra* de la tecnología. Este extremo conduce a Hughes a un segundo concepto para el que emplea una metáfora extraída de la estrategia militar: la noción de *saliente inverso*. Los salientes inversos aparecen en un sistema en expansión, cuando un componente del sistema no marcha de forma armoniosa con el resto de componentes. Mientras que el sistema evoluciona hacia un objetivo, algunos componentes se retrasan o estancan y el crecimiento global del sistema se ve amenazado o frustrado: se requiere entonces un remedio inmediato. En la terminología de Hughes, los salientes inversos son problemas objetivos que surgen en los sistemas sociotécnicos. Normalmente hacen que los ingenieros generen *problemas críticos*, es decir, conjuntos de problemas que, para los tecnólogos involucrados, definen el saliente inverso y que, en caso de ser resueltos, harán que el sistema regrese a un estado armónico.

La obra de Hughes ilustra magistralmente el carácter *heterogéneo* de la construcción de sistemas —la forma en que lo *social* se manipula de manera simultánea a lo *técnico*—. De hecho, la mayor parte de sus trabajos describe las actividades de inventores-empresarios particulares y enfatiza la *heterogeneidad* de dichas actividades. Edison, por ejemplo, fue ciertamente un ingeniero de indudable inventiva. Pero sus cuadernos de notas revelan que sus pensamientos iban mucho más allá de la simple ingeniería. Trataba de forma simultánea los costes económicos, los impedimentos políticos y el conocimiento científico disponible. Su éxito, según Hughes, residió precisamente en la forma en que fue capaz de moldear todos esos elementos heterogéneos y de asociarlos entre sí para formar un *sistema*.

5. EL ENFOQUE CONSTRUCTIVISTA SOCIAL

Junto a la historia de la tecnología, la principal fuente de inspiración teórica de la sociología de la tecnología debe buscarse en la *sociología del conocimiento científico*¹². La sociología del conocimiento científico surgió en la década

¹² Dos buenas introducciones en castellano a la sociología del conocimiento científico se encuentran en González y Sánchez (1988) y en los capítulos 21 y 22 de Lamo, González y Torres (1994). Una excelente recopilación en castellano de artículos clave en la evolución de la disciplina se recoge en Iranzo *et al.* (1995). La producción castellana en el ámbito de la sociología constructivista de la tecnología es mucho más limitada. Una obra introductoria es Alvarez *et al.* (1993), y un estudio histórico de caso, Aibar (1995).

da de los setenta como una reacción frente al estrecho corsé impuesto a la sociología de la ciencia por la perspectiva mertoniana. Un grupo de sociólogos, en su mayoría británicos, comenzaron a poner en entredicho la división disciplinar del trabajo en que se sustentaba la sociología clásica de la ciencia: mientras que la sociología debía limitarse al estudio de las características *institucionales* de la ciencia (el sistema de remuneraciones, las normas de comportamiento de los científicos —lo que Merton denominaba el *ethos* científico—, la estratificación social en la ciencia, etc.), el análisis de los contenidos técnicos de la ciencia —el conocimiento científico— debía dejarse en manos de la filosofía o metodología de la ciencia. Autores como David Bloor, Barry Barnes, Donald MacKenzie o Steven Shapin abogaron, por el contrario, por un tratamiento sociológico completo de la producción del conocimiento científico y no únicamente de los aspectos institucionales de la ciencia. Huyendo de la llamada «sociología del error»¹³, estos autores defendían una aproximación *simétrica* en la que cualquier creencia o instancia de conocimiento científico —independientemente de su presunta verdad o falsedad— pudiera someterse al análisis sociológico.

En la actualidad, y tras más de dos décadas de intenso desarrollo y evolución, puede afirmarse que la sociología del conocimiento científico ha mostrado cómo, en lo fundamental, el conocimiento científico en sus más variadas formas puede entenderse como resultado de complejos procesos de construcción social. Numerosos estudios empíricos han demostrado la presencia de procesos sociales —de orden muy diverso— en el corazón de las actividades científicas de generación y validación del conocimiento, desarrolladas dentro y fuera de los laboratorios. La existencia de dichos procesos no debe interpretarse, sin embargo, como un indicador de falsedad, incorrección o deformación «ideológica». La tesis central de la sociología del conocimiento científico es, por el contrario, que la presencia de factores sociales es tan manifiesta en la «buena» como en la «mala» ciencia (MacKenzie, 1990: 10).

Dentro de la actual sociología de la tecnología, el enfoque constructivista social es el que presenta una vinculación más directa y explícita con la sociología del conocimiento científico. En particular, el modelo de *construcción social de la tecnología* (*social construction of technology*, SCOT), desarrollado inicialmente por Wiebe Bijker y Trevor Pinch, aparece —en sus primeras etapas— como un intento de aplicar el denominado Programa Empírico del Relativismo (EPOR) —delineado por el sociólogo británico Harry Collins¹⁴— al análisis

¹³ Por sociología del error se hace referencia a la confinación de la explicación sociológica a aquellos episodios de la ciencia en que el conocimiento resultante se considera erróneo o incorrecto. Los filósofos de la ciencia neopositivistas o racionalistas críticos, por ejemplo, utilizan causas de orden sociológico para explicar ciertos episodios clásicos como el caso Lysenko. En los casos en que el conocimiento científico resultante es considerado correcto, lo social no ejerce ninguna influencia. Los filósofos explican los aciertos, mientras que los sociólogos deben limitarse a los errores.

¹⁴ Véanse Collins (1981) y (1985).

sis de los artefactos técnicos¹⁵. En SCOT, el concepto de *grupo social relevante* constituye el punto de partida del análisis (Pinch y Bijker, 1984). Un grupo social relevante está constituido por individuos que confieren a un artefacto técnico un mismo significado. En general, se considera que las interacciones entre los distintos grupos sociales —así como entre los miembros de un mismo grupo— constituyen semánticamente los distintos artefactos, que a veces quedan escondidos bajo la imagen única de un solo artefacto. En esos casos, el análisis debe mostrar la *flexibilidad interpretativa* de dicho artefacto, reconstruyendo los significados que le atribuyen los distintos grupos sociales relevantes mediante el análisis de los *problemas y soluciones* que tales grupos asocian al artefacto¹⁶.

El concepto de flexibilidad interpretativa es central en el programa constructivista social: por un lado, enfatiza el carácter contingente del cambio tecnológico y, por otro, es la llave que abre el paso al análisis sociológico de la tecnología; constituye la justificación misma de su ejercicio. Metodológicamente, se fundamenta en el *Principio de Simetría* formulado por Bloor (1976) para el análisis social de la ciencia: tanto las afirmaciones científicas consideradas verdaderas como aquellas que se tienen por falsas deben explicarse simétricamente, es decir, recurriendo al mismo tipo de causas. No debe ocurrir que la aceptación de una afirmación (considerada en el presente verdadera) se explique por su contenido inherente de verdad, mientras que la aceptación de otra (considerada en el presente falsa) se explique recurriendo, por ejemplo, a las circunstancias sociales de su producción¹⁷. La «verdad» no se considera la causa de la actividad científica (el agente neutral que cierra las controversias científicas), sino su producto —uno de sus efectos.

Pinch y Bijker extienden este principio de simetría de la sociología del conocimiento científico al análisis de la tecnología argumentando que tanto el buen funcionamiento —la eficacia— como el funcionamiento incorrecto —la ineficacia— de las máquinas deben explicarse simétricamente¹⁸. A la hora de explicar un episodio particular de cambio técnico, la eficacia de un artefacto no debe ser el *explanans*, sino que debe formar parte del *explanandum*. El buen funcionamiento de un artefacto no debe considerarse la causa dada y aproblemática de su éxito posterior, sino el resultado de un complejo proceso en el que la flexibilidad interpretativa del artefacto decrece. La *eficacia* no debe con-

¹⁵ Autores como D. MacKenzie, figura destacada en la sociología del conocimiento científico pero que recientemente ha redirigido sus investigaciones al terreno de la tecnología, adoptan una perspectiva muy próxima a la de SCOT.

¹⁶ Obviamente, se descarta la posibilidad de una descripción «objetiva» de la tecnología que no pueda conceptualizarse como fruto de una práctica interpretativa previa.

¹⁷ Esta asimetría metodológica en los mecanismos de explicación ha sido durante muchos años la base de la legitimación de la división del trabajo en el estudio de la ciencia entre filósofos, epistemólogos o metodólogos, por un lado, y sociólogos, por otro.

¹⁸ El supuesto básico para este salto metodológico es que, dentro de la imagen *standard*, el concepto de eficacia desempeña para los artefactos técnicos el mismo papel que el concepto de verdad para los hechos científicos.

siderarse como el punto de partida inequívoco y objetivo del desarrollo tecnológico, sino como un constructo complejo que debe pensarse más como efecto o como objetivo estratégico de los actores que como causa¹⁹. En palabras de Hughes: «del mismo modo que no existe una forma óptima de pintar a la Virgen, tampoco hay una forma óptima de construir una dínamo» (Hughes, 1987: 68).

La segunda etapa en el modelo SCOT consiste en el estudio del proceso en el que ciertos artefactos acaban estabilizándose, mientras que otros se desestabilizan y quedan relegados al margen de la historia. El *grado de estabilización* se introduce, pues, para medir las fluctuaciones en la flexibilidad interpretativa de un artefacto. Cuanto más homogéneos son los significados atribuidos a un artefacto, mayor es el grado de estabilización. Los diversos mecanismos de *clausura* de las controversias contribuyen al establecimiento de una interpretación homogénea del artefacto, es decir, a la desaparición de su flexibilidad interpretativa —el artefacto técnico en cuestión deviene así una *caja negra*—. Los procesos de clausura, merece la pena señalarlo, son casi irreversibles, pero no completamente. En el desarrollo tecnológico los artefactos técnicos muestran diversos grados de estabilización. Nunca alcanzan, sin embargo, una estabilidad absoluta. Dicho de otra forma, las tecnologías nunca llegan a adoptar una forma final o definitiva, siempre es posible reabrir una caja negra —aunque la inversión de recursos necesaria sea, en algunos casos, descomunal²⁰.

La primera fase del modelo SCOT consiste, pues, en la determinación de los grupos sociales relevantes y en la descripción de la flexibilidad interpretativa del artefacto. La perspectiva constructivista, sin embargo, no implica que cualquier configuración de artefactos o grupos sociales sea posible, que el proceso de flexibilidad interpretativa o la elaboración de nuevas alternativas no tenga fin. Una posición como ésta subestimaría la estabilidad de los artefactos técnicos y sobreestimaría la solidez de las relaciones sociales. La visión constructivista del cambio técnico, por el contrario, combina el análisis teórico de la contingencia del desarrollo tecnológico con el de su constreñimiento estructural. El concepto de *estructura tecnológica* (*technological frame*) desempeña esta función primordial (Bijker, 1987 y 1995). Mediante cada proceso de estabilización se produce la emergencia de un nuevo entorno estructural para el sucesivo desarrollo técnico. Tales estructuras tecnológicas, en primer lugar, son

¹⁹ El concepto de eficacia constituye un punto clave en cualquier perspectiva teórica o política sobre la tecnología. Desde el punto de vista constructivista —y en clara oposición a las concepciones *standard* de la tecnología y, en particular, a la que podríamos denominar filosofía analítica de la tecnología—, la eficacia de una tecnología o de un artefacto no puede considerarse un valor objetivo o aporético de la misma. La evaluación de la eficacia es siempre dependiente de los objetivos y las soluciones asociadas a una tecnología, así como de las consecuencias secundarias de la misma. Tales elementos están sujetos, a su vez, a flexibilidad interpretativa y no pueden caracterizarse al margen de los intereses y estructuras tecnológicas de los grupos sociales relevantes.

²⁰ La inversión de recursos necesaria para abrir una caja negra es siempre proporcional a los recursos que fueron empleados para cerrarla (Latour, 1987).

heterogéneas en el sentido de que no pertenecen exclusivamente al dominio de lo cognitivo o técnico ni al de lo social —y esto las diferencia de los paradigmas kuhnianos—. Forman parte de una estructura tecnológica tanto artefactos ejemplares como valores culturales, tanto objetivos como teorías científicas, tanto protocolos de prueba como conocimiento tácito. Otra característica destacable de las estructuras tecnológicas es que no son entidades fijas: se construyen como parte del proceso de estabilización de un artefacto. Una estructura tecnológica no reside de forma interna en los individuos, ni de forma externa en las instituciones o sistemas. Es, más bien, una característica de las interacciones entre los actores (no está en ellos ni por encima de ellos) y requiere de dichas interacciones para mantenerse. El carácter interactivo de una estructura tecnológica la convierte, pues, en un concepto intrínsecamente dinámico. En tercer lugar, las estructuras tecnológicas poseen un doble carácter potenciador y limitador de los movimientos de los actores involucrados. Por un lado, proporcionan los objetivos, las ideas y los instrumentos para la acción. Ofrecen tanto los problemas centrales como las estrategias pertinentes para su resolución. Pero, al mismo tiempo, la construcción de una estructura tecnológica limita la libertad de los miembros de un grupo social relevante. Aunque las interacciones crean la estructura, ésta condiciona las interacciones futuras. Dentro de una estructura tecnológica no todo es posible ya, pero las posibilidades que quedan se hacen más claras y disponibles para los miembros de un grupo social relevante (Bijker, 1995).

6. EL ENFOQUE DEL ACTOR-RED

La teoría del *actor-red*²¹ constituye, sin duda, uno de los enfoques más idiosincrásicos en el moderno estudio sociológico de la ciencia y la tecnología. Ha sido desarrollada fundamentalmente por dos autores franceses, Michel Callon y Bruno Latour, por lo que a veces se hace referencia a este enfoque con la expresión «la escuela de París» —en contraposición al carácter eminentemente anglosajón del resto de orientaciones en la disciplina—. Sin embargo, en la actualidad un gran número de investigadores no franceses han adoptado la perspectiva del actor-red y, lo que es quizás más importante, la mayor parte de investigadores sociales de la ciencia y la tecnología se sienten, en un momento u otro, en la obligación de posicionarse respecto a ella de forma explícita²².

La primera formulación exhaustiva de la teoría del actor-red se expone en la conocida obra de Bruno Latour *Science in Action. How to Follow Scientists and Engineers Through Society*, publicada en 1987. Posteriormente, la original perspectiva adoptada por esta obra, así como la compleja red de conceptos

²¹ *Actor-network theory*.

²² Una de las particularidades de esta teoría es que cuenta con partidarios acérrimos o con críticos encarnizados. Es difícil encontrar posturas intermedias.

empleados, han sido desarrolladas y completadas por un gran número de análisis teórico-metodológicos y de estudios empíricos de caso, entre los que destacan los llevados a cabo por Michel Callon, John Law y el mismo Bruno Latour. El punto de partida metodológico de este enfoque es el análisis de la ciencia y la tecnología *en acción*: con esta expresión se hace referencia a los procesos colectivos²³ de elaboración de hechos y artefactos —por oposición al análisis tradicional en el que hechos científicos y artefactos técnicos ya elaborados son el punto de partida—. Se trata, por lo tanto, de estudiar la ciencia y la tecnología —que pasarán a denominarse globalmente como *tecnociencia*, dada la imposibilidad de distinguirlas tanto metodológica como institucionalmente (Latour, 1987)— antes de que las *cajas negras* se cierren o durante las controversias que las vuelven a abrir.

Como se hace patente tras el examen de cualquier controversia tecnológica, los proyectos ingenieriles están constituidos por una mezcla o asociación de elementos *heterogéneos* cuya identidad y relaciones mutuas se convierten en problemáticas cuando estalla la polémica. En el análisis del episodio histórico del vehículo eléctrico VEL en Francia —un proyecto que acabó fracasando—, Callon (1980) identifica los diversos elementos que aparecen vinculados entre sí por el proyecto: electrones, baterías, movimientos sociales, firmas industriales y ministerios gubernamentales. El éxito del artefacto construido se mide por la solidez y longevidad de las *asociaciones heterogéneas* propuestas por los ingenieros (Callon, 1987). Para ellos, no se trataba únicamente de apoyar una interpretación interesada de la sociedad francesa del momento (de sus necesidades, de sus perspectivas futuras, etc.) y de las preferencias de los consumidores. Los ingenieros intentaban vincular entre sí las células de combustible, los automóviles eléctricos y los consumidores que utilizarían el VEL a pesar de sus mediocres prestaciones. Las asociaciones propuestas —y consecuentemente el proyecto en sí— se mantendrán *estables* solamente si las distintas entidades involucradas (electrones, catalizadores, firmas industriales, consumidores) aceptan los roles que se les han asignado. Para describir este tipo de asociaciones heterogéneas, así como los mecanismos que las transforman o consolidan, se introduce el concepto de *actor-red*.

Un actor-red no es reductible ni a un actor ni a una red. Como las redes se componen de una serie de elementos heterogéneos, animados o inanimados, que han sido vinculados entre sí durante un cierto período de tiempo. El actor-red puede, así, distinguirse de los actores tradicionales en la sociología, puesto que éstos suelen excluir cualquier componente no humano y porque sus estructuras internas no suelen ser asimilables a las de una red. Pero, por otro lado, un actor-red no debe confundirse con una red que une, de forma predecible, elementos perfectamente definidos y estables, puesto que las entidades de las que se compone, sean naturales, técnicas o sociales, pueden en cualquier momento redefinir de alguna forma su identidad y sus mutuas interrelaciones

²³ Véase al respecto Latour y Woolgar (1986).

o importar nuevos elementos a la red. Un actor-red es simultáneamente un actor cuya actividad consiste en conectar (*enredar*) elementos heterogéneos, y una red —en sí mismo— que es capaz de redefinir y transformar aquello que la constituye. Esta dinámica característica de los actores-redes se explica mediante dos mecanismos: la *simplificación* y la *yuxtaposición* (Callon, 1987).

La simplificación es el primer elemento necesario en la organización de asociaciones heterogéneas. En teoría, la realidad es infinita. En la práctica, los actores limitan sus asociaciones a una serie de entidades discretas cuyos atributos o características están bien definidos. La noción de simplificación se utiliza para explicar tal reducción de un mundo infinitamente complejo mediante un proceso de *traducción* (Latour, 1987). Las ciudades, por ejemplo, consisten en algo más que el transporte público, el deseo de preservar los centros históricos y los ayuntamientos con sus representantes. Difieren entre sí por su población, su historia y su situación geográfica, por ejemplo. Pero para los ingenieros que defendieron el proyecto del automóvil eléctrico VEL, las ciudades podían reducirse —*traducirse*— a los ayuntamientos y a su tarea de desarrollar un sistema de transporte que no aumentase el nivel de contaminación. Los ingenieros no necesitaban saber más. La definición será realista en tanto en cuanto la simplificación en la que está basada pueda subsistir. Con otras palabras: las simplificaciones se mantendrán en pie sólo si no aparecen otras entidades que hagan el mundo más complejo y que conviertan la representación de la realidad propuesta por los ingenieros en una mera caricatura: el ayuntamiento puede dejar de ser representativo; las condiciones de vida en los distintos barrios pueden dejar de reducirse a las del centro; el sistema de transporte público puede entenderse como un aspecto más de la estructura urbana global. Lo mismo ocurre con las células de combustible —fuente de energía del VEL—. Si los catalizadores y los electrolitos se contaminan devendrán inestables y la célula de combustible se hará demasiado compleja. En lugar de ser algo fácilmente manejable, las células de combustible se convertirán en un dispositivo en el que un número creciente de elementos quedarán fuera de control. Una «caja negra» cuyo funcionamiento había sido reducido a unos pocos parámetros bien definidos dará paso a un enjambre de nuevos actores indisciplinados que no aceptarán las traducciones a que habían sido sometidos: científicos e ingenieros ajenos al grupo inicial que afirmarán tener la clave del funcionamiento de la célula de combustible, átomos de hidrógeno que se negarán a dejarse atrapar por los caros catalizadores, países del tercer mundo que aumentarán el precio de los metales preciosos, etc.

Las simplificaciones que constituyen un actor-red son mecanismos de acción poderosos porque *enrolan* y *movilizan* (Latour, 1987) a un gran número de entidades. Pero una simplificación no tiene nunca una garantía absoluta. Cuando la controversia estalla, las entidades hipostasiadas por la simplificación pueden resquebrajarse y dejar entrever una gran cantidad de actores nuevos, cuyo comportamiento escapa al control de los ingenieros —éstos dejan de ejercer un *control a distancia* sobre ellas—. Una entidad simplificada sólo existe en

un contexto, esto es, *yuxtapuesta* a otras entidades con las que está asociada. Si se extrae uno de esos elementos, la estructura global cambia. El conjunto de asociaciones es el contexto que da a cada entidad su significado y que define sus límites. Las simplificaciones son sólo posibles si los elementos están yuxtapuestos en una red de relaciones y, a la inversa, la yuxtaposición de elementos requiere su simplificación.

Las relaciones entre los distintos elementos de un actor-red pueden ser de tipos muy distintos. Ello hace inviable su reducción al abanico limitado de relaciones sociales que aparecen convencionalmente en los análisis sociológicos tradicionales. Obviamente, pueden existir relaciones de intercambio, relaciones de subcontratación, relaciones de poder o de dominio. Pero a menudo las relaciones entre las distintas entidades constituyen un conglomerado de todas esas categorías y algunas escapan por completo al vocabulario usual de la sociología o la economía. ¿Cómo pueden describirse las relaciones entre las células de combustible y los motores eléctricos sin hacer referencia a las corrientes eléctricas o a las fuerzas electromagnéticas? No sólo son heterogéneos los distintos elementos, sino las diversas relaciones entre ellos (Callon, 1986).

El destino de un proyecto tecnológico, desde la perspectiva del actor-red, depende de tres factores interrelacionados. En primer lugar, de la capacidad de proyecto para construir y mantener una *red global* que proporcione los recursos necesarios para el proyecto. La red global ofrece a los constructores del proyecto un grado de privacidad suficiente para actuar sin interferencias: ofrece un *espacio de negociación*. El segundo factor es la capacidad del proyecto para construir una *red local* que utilice los recursos proporcionados por la red global para ofrecer a los actores situados en ésta, una serie de recompensas materiales, económicas, culturales o simbólicas. El tercer factor, que se superpone a los otros dos, es la capacidad del proyecto para imponerse a sí mismo como un *punto de paso obligado* para toda comunicación (o intercambio de *intermediarios*: dinero, artefactos, personal, disposiciones legales, etc.) entre ambas redes²⁴.

7. EL DOMINIO DE LO SOCIOTECNICO

La tesis de la *construcción social de la tecnología* debe distinguirse cuidadosamente de la idea trivial —presente a veces en algunas versiones excesivamente simplificadas del constructivismo— de que la tecnología es social porque está construida por seres humanos y, por tanto, está sujeta a influencias sociales de diverso tipo. El carácter de constructo social de la tecnología —o alguno

²⁴ Véanse Callon (1987) y Latour (1987). Recientemente, Latour (1992) ha reformulado parcialmente su teoría mediante la introducción de una serie de conceptos de inspiración semiótica: guiones, programas de acción, antiprogramas, prescripción, inscripción, etc. Véase también Akrich y Latour (1992).

de sus aspectos, como la flexibilidad interpretativa de los artefactos técnicos—no es en absoluto algo obvio en la mayoría de los casos y necesita demostrarse de forma rigurosa²⁵. La tesis constructivista es que la tecnología, en toda su extensión y profundidad—incluyendo, en especial, sus aspectos más esotéricos (los diseños técnicos, los criterios de eficacia, los *standards* de precisión, etc.)—, puede entenderse como el resultado de complejos procesos de construcción social.

Ahora bien, el significado del término «social», en el contexto de los estudios sociales de la ciencia y la tecnología, debe ser puntualizado. En el terreno de la sociología del conocimiento científico, por ejemplo, el concepto de lo social ha sufrido un proceso de transformación evidente, desde los inicios del programa fuerte a los más recientes estudios de laboratorio. En estos últimos, cuando se habla de la construcción social del conocimiento científico no se hace referencia, por lo general, al influjo de la ideología o de factores macroinstitucionales en la ciencia—como sucede, por ejemplo, en los primeros trabajos del programa fuerte—. Esta interpretación, que podríamos denominar «clásica», de lo social no difiere mucho, en realidad, de la que se maneja desde la sociología de la ciencia mertoniana y se sustenta en una polaridad básica entre los aspectos internos (técnicos) y externos (sociales) de la actividad científica²⁶. Desde los desarrollos más recientes en la sociología del conocimiento científico, en cambio, aspectos como la ideología, los prejuicios, la deshonestidad, etc., sólo pueden explicar una parte ínfima de la actividad científica y «apenas agotan el carácter social de la ciencia» (Latour y Woolgar, 1986: 152). En los estudios de laboratorio y, en general, en el enfoque constructivista, la construcción social del conocimiento científico se cifra, más bien, en el carácter *idiosincrásico, local, heterogéneo, contextual y multifacético* de las prácticas científicas (Knorr Cetina, 1981). «Construcción social», por lo tanto, hace referencia a los procesos *microsociales* que penetran—o, aún mejor, constituyen— incluso los aspectos más técnicos del quehacer científico cotidiano en los laboratorios. Consecuentemente, la oposición primigenia entre lo social y lo técnico (o científico) se diluye, el término «construcción social» deviene redundante y el epíteto «social» superfluo²⁷.

²⁵ Curiosamente, el sociólogo del conocimiento científico Steve Woolgar, representante destacado del programa *reflexivista*, ha puesto en duda el carácter radical de la sociología de la tecnología, afirmando que muy pocos filósofos van a escandalizarse ante la idea de que las tecnologías están construidas socialmente (Woolgar, 1991). Dejando de lado el curioso indicador de radicalidad consistente en observar el número de filósofos escandalizados, lo cierto es que el carácter de constructo social de la tecnología es fuertemente antiintuitivo—tanto para los filósofos (cualquiera que haya defendido esta tesis ante filósofos de la ciencia lo habrá experimentado directamente) como para el resto del público—. Poca gente está dispuesta a aceptar, de buenas a primeras, que la eficacia relativa entre dos bicicletas de diseño distinto no pueda establecerse directamente mediante métodos objetivos e incontestables.

²⁶ Aunque el programa fuerte y el enfoque mertoniano resuelven de forma diferente la relación entre ambos polos.

²⁷ Por esa razón, el término «social» ha desaparecido en el subtítulo de la segunda edición de

En la nueva sociología de la tecnología conviven dos perspectivas diferentes —aunque no forzosamente incompatibles—. Por un lado, siguiendo la línea de argumentación anterior, numerosos análisis de orden teórico defienden la disolución de la dicotomía entre lo técnico y lo social (Bijker, 1995; Law, 1987). Por otro, sin embargo, «lo social» adquiere un sentido más amplio que en las interpretaciones sociológicas tradicionales: lo social es también lo económico, lo político, lo organizativo, lo legal, lo histórico, etc. (MacKenzie, 1990). Pero lo importante es que, tanto en uno como en otro caso, por implosión o por explosión, «lo social» deja de identificarse exclusivamente con «lo sociológico».

Consecuentemente, la perspectiva constructivista se desmarca tanto de los enfoques que se esfuerzan por situar la tecnología en su «contexto social» como de aquellos que identifican una «dimensión social» en la tecnología. Ambas tendencias caracterizan gran parte de la historiografía reciente sobre la tecnología y pueden considerarse extensiones al ámbito técnico de la denominada *historia social de la ciencia*. La obra del historiador británico A. Pacey (1990) constituye un ejemplo paradigmático en ese sentido. Pacey distingue tres aspectos o dimensiones de la *práctica tecnológica*: el aspecto *técnico* (que coincide con el significado restringido y tradicional de *tecnología* e incluye el conocimiento, la destreza y la técnica, las herramientas, máquinas y productos químicos y, por último, el personal, los recursos y los desechos); el aspecto *organizativo* (que engloba la actividad económica e industrial, la actividad profesional, los usuarios y consumidores, y los sindicatos); y, por último, el aspecto *cultural* (los objetivos, valores y códigos éticos; la creencia en el progreso; la conciencia y la creatividad).

Para Pacey, sin embargo, la dimensión social de la tecnología (que englobaría al aspecto cultural y al organizativo) no afecta significativamente al «núcleo puramente técnico» de la tecnología. En su opinión, es necesario distinguir entre «los aspectos de la tecnología que están ligados a los valores culturales y los que, en cierto sentido, son independientes de ellos» (Pacey, 1990: 17). En concreto, la construcción elemental de una máquina, así como los principios de su funcionamiento, son independientes de cualquier elemento cultural.

Para la posición constructivista, en cambio, no existe ningún núcleo «puramente técnico» en la tecnología, ningún ámbito inmune al análisis sociológico. La tecnología es social por los cuatro costados. En palabras de D. MacKenzie: «technological knowledge (...) is social through and through» (MacKenzie, 1990: 11). En realidad, la posición de Pacey constituye una instancia particular de una tendencia más general presente en los estudios tradicionales de la tecnología. Se trata de la inclinación a poner, de un lado, las razones «técnicas»

Laboratory Life (Latour y Woolgar, 1986). En el epílogo a esta segunda edición los autores sostienen que el uso del término en la primera edición fue deliberadamente «irónico»: «demostrando su aplicabilidad generalizada, el estudio social de la ciencia ha despojado de significado lo “social”» (p. 281).

y, de otro, las «sociales» (culturales, políticas o económicas) que intervienen en las decisiones sobre la elección de un diseño particular para un artefacto. El análisis de la relación entre tecnología y sociedad se convierte, así, en el estudio de las «transferencias» entre las dos columnas de factores: mientras que los estudios del impacto social de la tecnología se ocupan de las transferencias en una dirección, los trabajos sobre la configuración social de la tecnología lo hacen en la inversa. Pero, aunque no puede negarse que la tentación de promover un análisis «equilibrado» de este tipo ha estado presente en las etapas iniciales de la sociología de la tecnología²⁸, la mayor parte de trabajos en la disciplina, y especialmente los más recientes, sugieren que la relación entre sociedad y tecnología es mucho más íntima de lo que un balance de ese tipo puede mostrar.

La sociología de la tecnología no deja de enfatizar, en primer lugar, que nos enfrentamos, más que a un binomio tecnología-sociedad, a tecnologías y relaciones sociales, *en plural*. En segundo lugar, tanto las relaciones sociales como las tecnologías a menudo cambian *simultáneamente*. De hecho, el valor sociológico fundamental de la obra de Hughes reside en que pone de manifiesto cómo los equipos directivos de las nuevas compañías eléctricas intentaron —con gran éxito— no sólo yuxtaponer los factores técnicos, económicos, sociales y políticos de forma que se optimizara el funcionamiento de sus compañías, sino que también se esforzaron por *crear nuevas relaciones técnicas y sociales*.

La particularidad del enfoque de sistemas estriba en que, lejos de abogar por una posición ecléctica, reclama la sustitución del balance entre dos listas de factores (sociales y técnicos) que se influyen entre sí, por una postura que enfatiza la *heterogeneidad* fundamental de la construcción de sistemas y, consecuentemente, de los vínculos que caracterizan la vida social. Tanto los individuos como las organizaciones forman parte de relaciones que están parcialmente estructuradas mediante asociaciones artefactuales. No hay, por así decirlo, relaciones «puramente sociales» o, si existen, tienen muy poca importancia. Y, a la inversa, naturalmente, lo «técnico» también es impuro: las tecnologías se construyen y mantienen mediante personas, habilidades prácticas, equipos y dinero. Ni lo social, por lo tanto, puede verse simplemente como el fondo que subyace o condiciona a lo tecnológico, ni tampoco puede verse lo tecnológico como aquello que subyace o determina a lo social. Más bien, se debe afirmar que *lo sociotécnico influye en lo sociotécnico*.

El enfoque constructivista social sostiene la imposibilidad de hacer distinciones *a priori* entre lo técnico, lo social y lo científico. En el estudio de caso sobre la *bakelita*, realizado por Bijker (1987), la reacción de condensación de Baekeland, ¿fue la consecuencia de un hecho científico (como él mismo afirmaba)?, ¿o fue el resultado de un «tanteo» técnico exitoso (como podríamos

²⁸ Parte de la obra de MacKenzie y Wacjman (1985), por ejemplo, sugiere una posición de ese tipo.

pensar ahora, dado que la explicación de Baekeland ha sido superada por las modernas teorías macromoleculares)? ¿O no fue ni un logro científico ni uno técnico, sino por encima de todo el fruto de una estrategia económica: convertir a los competidores, mediante negociación, en socios durante el litigio sobre la patente y conseguir que las compañías fabricantes utilizaran el nuevo material? Este aspecto multifacético y heterogéneo del desarrollo técnico ha sido descrito, en la moderna sociología de la tecnología, mediante la metáfora del *entramado sin costuras (the seamless web)*. El tejido de la sociedad moderna no está constituido por distintos trozos de telas científicas, técnicas, sociales, culturales y económicas, sino que, más bien, los pliegues que podemos observar y que corrientemente catalogamos mediante esos conceptos son el resultado de la actividad de los actores o del mismo analista²⁹.

El panorama de la «sociotecnología» que nos ofrece el enfoque constructivista es, en resumen, muy distinto de la imagen de la tecnología —y de la relación tecnología-sociedad— que nos proporcionan los estudios tradicionales. Todas las relaciones se consideran ahora técnicas y, a la vez, sociales. No encontramos relaciones técnicas «puras» ni relaciones sociales «puras». Lo técnico está socialmente construido y lo social está técnicamente construido: cualquier entramado estable permanece unido tanto por medios sociales como técnicos (Bijker, 1993). El Principio de Simetría ha sido sustituido por un Principio de Simetría General (Callon, 1986): ni el análisis de lo técnico se halla supeditado al análisis de lo social, ni el estudio de las configuraciones sociales se reduce a la identificación de los determinantes tecnológicos. La unidad de análisis cambia: los artefactos técnicos han sido sustituidos por los *entramados sociotécnicos* (Bijker, 1995). «Cada vez que se escriba “máquina” como abreviatura de “entramado sociotécnico” deberemos ser capaces, en principio, de mostrar el carácter (socialmente) construido de esa máquina. Cuando se escriba “institución social” como abreviatura de “entramado sociotécnico” deberemos ser capaces de mostrar las relaciones técnicas utilizadas para establecer dicha institución como un dispositivo estable. Ni la sociedad está tecnológicamente determinada, ni la tecnología lo está socialmente. Ambas emergen como las dos caras de una misma moneda, durante el proceso de construcción de artefactos, hechos y grupos sociales relevantes» (Bijker, 1993: 125). Repensar la tecnología nos conduce, indefectiblemente, a repensar la sociedad. La sociología de la tecnología entra en el dominio de la sociología general.

²⁹ Otra forma de expresar la misma idea consiste en observar las actividades de los ingenieros y reconocer que un ingeniero exitoso no es únicamente un genio técnico, sino también un «mago» económico, político y social. Lo que John Law (1987) ha denominado un *ingeniero heterogéneo*.

8. MAS ALLA DE LA SOCIOLOGIA DEL CONOCIMIENTO CIENTIFICO

A menudo se suele presentar la nueva sociología de la tecnología como una mera aplicación de los principios metodológicos y teóricos de la sociología del conocimiento científico al terreno de los artefactos tecnológicos. Yo mismo, en la sección dedicada al enfoque constructivista social, propiamente dicho, he señalado el vínculo estrecho que une ambas disciplinas —especialmente en los orígenes del constructivismo social—. Algunos sociólogos de la ciencia han visto la sociología de la tecnología como una simple ampliación de los horizontes de su propia disciplina, por lo menos en términos del objeto de estudio. Algo así como una nueva fuente de la que extraer nuevos estudios de caso que confirmen las hipótesis básicas del programa fuerte³⁰. Pero lo cierto es que, en la actualidad, ni el enfoque constructivista social ni la teoría del actor-red pueden considerarse meras prolongaciones del programa fuerte en sociología de la ciencia al estudio del cambio tecnológico.

Durante la década pasada ambos programas han mantenido lo que podríamos denominar una convivencia pacífica, que en muchos casos se ha traducido en una cooperación intensa. De hecho, algunas de las figuras más destacadas en la sociología del conocimiento científico han convertido a la tecnología en su foco de interés primordial (Latour, MacKenzie, Pinch, Law, etc.). Sin embargo, la sociología de la tecnología ha desarrollado todo un nuevo esquema conceptual para el análisis del cambio técnico, así como una serie de conclusiones teóricas que no sólo tienen poco que ver ya con las tesis comunes entre los sociólogos del conocimiento científico, sino que, en gran medida, han acabado entrando en contradicción flagrante con ellas.

El inicio de las hostilidades abiertas puede situarse en un artículo publicado por Collins y Yearly (1992a) en el que, entre otras cosas, realizan una crítica sistemática de la teoría del actor-red de Latour y Callon³¹. El núcleo del conflicto reside en gran parte en la incompatibilidad entre los puntos de vista expuestos en la sección anterior y algunos principios metodológicos básicos de la sociología del conocimiento científico. Como hemos visto, la sociología de la tecnología realiza una crítica profunda del determinismo tecnológico sin caer en una forma paralela de reduccionismo social. Al extender el principio de simetría a lo que Callon ha denominado el principio general de simetría, la sociología de la tecnología cuestiona la atribución de una dirección causal

³⁰ Steve Woolgar (1991), por ejemplo, cae en el error de afirmar que la sociología de la tecnología no es más que un «giro tecnológico» acometido por los sociólogos del conocimiento científico deseados de aplicar sus instrumentos conceptuales a nuevos ámbitos de la realidad. En su opinión, además, se trata de un giro mayormente estéril, que no aporta novedades teóricas significativas. Sus últimos trabajos, sin embargo, sugieren un cambio de actitud hacia la sociología de la tecnología (Grint y Woolgar, 1995).

³¹ En el mismo volumen se incluye la réplica de Callon y Latour (1992), así como la contra-réplica de Collins y Yearly (1992b).

entre el ámbito social y el técnico. La crítica al determinismo tecnológico no conduce, por lo tanto, a la adopción de su imagen inversa, el determinismo social (la idea de que las relaciones y entes sociales constituyen una base lo suficientemente sólida y aporoblemática como para explicar las particularidades del cambio tecnológico).

Pero la sociología del conocimiento científico ha hecho del determinismo social su bandera. El análisis del conocimiento científico ha sido llevado a cabo, en buena parte, como una deconstrucción del discurso científico sobre la naturaleza, en base al discurso sociológico sobre lo social. Dicho de otro modo, el programa fuerte y sus derivados, como el programa empírico del relativismo de H. Collins, han adoptado una posición *relativista* frente a la ciencia natural, pero una posición *realista* respecto a la sociología. Implícitamente se ha supuesto que el dominio social constituye una base más sólida y estable que el natural. Mientras que la Naturaleza no se considera suficiente, por sí misma, para establecer el consenso entre los expertos científicos, los sociólogos han invocado la existencia de la Sociedad (bajo diversas formas: intereses, relaciones, instituciones, normas, etc.) para explicar la emergencia, el desarrollo y el cierre de las controversias científicas. La posición agnóstica ha sido mantenida frente a la ciencia natural y suspendida, sin más, frente a la ciencia social (Callon, 1986).

La sociología de la tecnología, por el contrario, no concede un *status* privilegiado a lo social. Las entidades sociales (grupos sociales relevantes, intereses, instituciones, etc.) se consideran fenómenos emergentes que se producen como efecto —y no como causa última— de asociaciones entre elementos de naturaleza heterogénea: tal y como ocurre con las tecnologías. Los fenómenos sociales no pueden tratarse como un mero recurso para explicar la construcción de los fenómenos naturales o técnicos. El objetivo del análisis ya no se concibe bajo el mecanismo reduccionista de deconstruir el objeto técnico en base a los logros de los actores (sujetos) sociales involucrados. El sujeto se considera tanto o más deconstruible —es decir, tanto o más construido, producido— que el objeto (natural o técnico). Tecnología y sociedad se *co-producen* continuamente.

El interés se traslada, ahora, a los procesos que tienen como resultado la distribución misma entre lo social y lo técnico. La distinción entre el dominio social y el técnico/científico, en lugar de considerarse el punto de partida del análisis, se considera uno de los logros más interesantes de las diversas asociaciones, vínculos y conflictos entre elementos heterogéneos, que constituyen el tejido de lo sociotécnico. Es más, la frontera entre lo social y lo técnico se muestra inestable y movédiza. Cada gran proyecto tecnológico, cada verdadero acontecimiento en lo sociotécnico tiene como resultado una nueva redistribución de los elementos: cuestiones sociales que pasan a etiquetarse como fundamentalmente técnicas o científicas y, viceversa, problemas de orden técnico y científico que adquieren el rango de cuestiones sociales.

Tanto el enfoque constructivista social como la teoría del actor-red com-

parten el rechazo explícito al reduccionismo social que Collins y Yearly han defendido, con una gran dosis de cinismo, con el concepto de *meta-alternancia*³². Aunque Pinch y Bijker (1987) comienzan su estudio de caso a partir de los grupos sociales relevantes, se trata únicamente de una puerta de acceso circunstancial —entre las varias posibles— al dominio de lo sociotécnico. El concepto de *estructura tecnológica* y el de *grado de inclusión* en la misma permiten entender hasta qué punto las interacciones entre los miembros de un grupo y entre los distintos grupos sociales relevantes se hallan constreñidas por los artefactos estabilizados en el pasado.

A pesar de ello, es la teoría del actor-red la que de forma más explícita ha intentado alejarse de los esquemas reduccionistas. M. Callon y B. Latour han profundizado en el Principio General de Simetría hasta convertir la distinción misma entre «lo humano» y lo «no-humano» —un principio fundamental de la teoría social y, en general, del pensamiento postwittgensteiniano— en problemática. En su opinión, dicha distinción (que no es más que un reflejo de la separación tajante entre lo social y lo técnico) se basa en una clara distribución asimétrica de capacidades y roles. La *agencia*, en general, ha sido considerada tradicionalmente en los análisis sociológicos como un privilegio de los seres humanos: frente a la pasividad de los no-humanos, los humanos son capaces de querer, representar, fabricar, manifestarse, expresarse, etc. Por un lado, agentes humanos, rebosantes de subjetividad, intención y habilidades; por el otro, objetos materiales, pasivos, groseros y mudos. El estudio de la sociotecnología muestra, sin embargo, que esa distribución asimétrica puede entenderse como un simple, aunque tremendamente arraigado, prejuicio; como una elección que, sin embargo, ha caracterizado gran parte del pensamiento contemporáneo (Callon y Latour, 1992). El desarrollo de una tecnología lleva consigo, en la mayoría de los casos, una redistribución de la agencia y de todos los atributos relacionados: determinadas acciones son delegadas a actores humanos, mientras que otras se delegan a elementos no-humanos: «Las distinciones entre humanos y no-humanos, entre habilidades encarnadas o desencarnadas, entre personificación y “maquinación”, son menos interesantes que la cadena completa a lo largo de la que las competencias y acciones se distribuyen» (Latour, 1992). El análisis de la tecnología nos confronta no con personas, por un lado, y con cosas, en el otro, sino con «programas de acción, algunas de cuyas secciones se confían a *partes* de no-humanos, mientras que otras se asignan a *partes* de humanos» (Latour, 1992).

En resumen, el enfoque del actor-red describe lo que desde la perspectiva socioconstructivista se denominaban entramados sociotécnicos, como redes heterogéneas de actores humanos y no humanos. El desarrollo de estas redes se analiza como una concatenación de *traducciones* —esfuerzos de los actores en la red por desplazar a otros actores a nuevas posiciones, confiriéndoles de esa forma también un nuevo significado—. El poder de los actores (sean indivi-

³² Véase Collins y Yearly (1992a).

duos, instituciones o artefactos), su capacidad para la acción, no es una peculiaridad intrínseca de ellos, sino que tiene su origen en las redes que pueden controlar y en las que están emplazados.

9. EL FUTURO PROXIMO DE LA SOCIOLOGIA DE LA TECNOLOGIA

La sociología de la tecnología constituye, sin lugar a dudas, un campo de investigación muy joven. Tras poco más de una década de trabajos apenas empezamos a entender los complejos procesos que dan forma a nuestra intrincada cultura tecnológica: las circunstancias en que proyectos descabellados o inverosímiles en su origen acaban extendiendo su redes a todo el tejido social, transformando las formas de vida y nuestras formas de pensar y de pensarnos; qué es lo que hace que ciertas opciones tecnológicas penetren el mundo de lo posible mientras que otras se ven condenadas al terreno de lo quimérico; por qué determinadas definiciones de la eficacia se imponen sobre otras; en qué manos está el destino de los artefactos que hemos de utilizar o rechazar; por qué, en resumen, las tecnologías adquieren una forma en particular y no otra. Estas cuestiones, y muchas otras relacionadas, definen el área temática de la sociología de la tecnología. Las respuestas dadas hasta el momento son parciales y, en cierta medida, humildes. Contamos con un cierto bagaje de estudios empíricos y con algunas tentativas muy loables de desentrañar teóricamente ese nuevo terreno —movedizo y largamente olvidado— de lo sociotécnico. Pero, por el momento, tanto el constructivismo social como el enfoque del actor-red constituyen, más que teorías elaboradas, programas de investigación prometedores aunque inmaduros.

Una de las líneas de investigación futuras ha de ser, por fuerza, la encaminada a perfeccionar la comprensión teórica de los entramados sociotécnicos. Necesitamos, en primer lugar, un nuevo vocabulario, un nuevo esquema conceptual que nos permita circular a través de la sociotecnología sin permanecer cautivos de las viejas distinciones (lo natural y lo artificial, lo científico y lo social, etc.). Necesitamos conceptos que pueden ayudarnos a describir el carácter híbrido de esos extraños objetos (por llamar de alguna forma a esos nuevos entes que se desplazan entre el objeto y el sujeto clásicos) y la heterogeneidad y contingencia de las asociaciones o conexiones en que sobreviven.

En segundo lugar, la sociología de la tecnología debe profundizar mucho más en sus propios fundamentos. Los sociólogos de la tecnología han sido particularmente agudos a la hora de identificar las graves deficiencias fundacionales o filosóficas de la sociología del conocimiento científico —como los sociólogos del conocimiento científico hicieron hace dos décadas con los sociólogos mertonianos y los filósofos de la ciencia neopositivistas y racionalistas—. Este camino no es sólo incierto y difícil, sino que se muestra ajeno a muchos sociólogos del conocimiento científico, reticentes a adentrarse en las aguas movedizas de la filosofía y más propensos a moverse en el campo concreto y empírico

de los estudios de caso. Pero, como hemos puesto de manifiesto, el terreno sobre el que se asientan algunos preceptos básicos del estudio social de la ciencia no parece suficientemente sólido. Bruno Latour, que puede considerarse uno de los pioneros en esta nueva empresa de exploración, ha mostrado, una y otra vez, la necesidad de tratar seriamente determinados problemas filosóficos tradicionales involucrados en la teoría social, que no pueden dejarse ya de lado mediante una huida hacia adelante, elaborando más y más estudios de caso, o mediante una posición ontológica cínica e inverosímil como la «meta-alternancia» de Collins y Yearly. El mundo de la sociotecnología, en su opinión, nos traslada más allá (o más acá) de la constelación del pensamiento moderno —caracterizado, en gran parte, por todas esas distinciones de las que la sociología de la tecnología lucha por liberarse—. El ámbito de lo *amoderno* (y no el de lo postmoderno: una mera caricatura oportunista de la modernidad venida a menos) debe ser aún explorado y el contacto con otras disciplinas o corrientes de pensamiento —dentro y fuera de la sociología— no debe ser descartado.

Parte de este trabajo de fundamentación, obviamente, debe encarar algunas cuestiones propias de la teoría social. La polaridad entre agencia y estructura, la naturaleza misma de la agencia, la estructura de la explicación sociológica, la cuestión del reduccionismo, etc., son problemas clásicos en el pensamiento social, que están llamados a adquirir un papel central (como en algunos casos ya ha ocurrido) en la sociología de la tecnología y que, quizás, puedan beneficiarse considerablemente de sus nuevos puntos de vista. Un mayor diálogo entre la sociología de la tecnología y la sociología general puede resultar provechoso para ambas.

Existe, además, otro ámbito de problemas al que la sociología de la tecnología debe hacer frente en un futuro próximo. Se trata de las cuestiones que podríamos englobar bajo el epígrafe de «la política de la tecnología»³³. La exploración de las implicaciones de orden político que pueden extraerse de la nueva perspectiva promovida por la sociología de la tecnología constituirá en los próximos años un campo de investigación de creciente importancia. Resulta obvio señalar que gran parte del pensamiento político en torno a la tecnología, así como el diseño tradicional de los mecanismos de control o evaluación de la tecnología, están basados en la imagen *standard* de la tecnología que los sociólogos han desarbolado en los últimos años. La práctica habitual de la denominada *evaluación de tecnologías*³⁴, institucionalizada en la mayoría de países desarrollados, y el diseño común de las políticas tecnológicas, descansan, normalmente, en apreciaciones contrarias a las defendidas desde la sociología de la tecnología. De hecho, muchos autores han utilizado hábilmente en los últimos años la imagen constructivista de la tecnología para defender un cambio radical en los procedimientos de evaluación de tecnologías. La llamada *Evaluación Constructiva de Tecnologías*, surgida en los Países Bajos, es uno de

³³ La expresión ha sido acuñada recientemente por Wiebe Bijker (1995).

³⁴ En inglés, *technology assessment*.

los mejores ejemplos en ese sentido³⁵. Frente a los puntos de vista expertocráticos tradicionales, estos investigadores abogan por la creación de nuevos mecanismos de intervención sobre el desarrollo tecnológico, que abarquen todas las fases del mismo y que involucren a un número considerablemente mayor de actores sociales —sin caer en la tentación de promover el dudoso rol de los «evaluadores neutrales».

Estos trabajos, sin embargo, no agotan las posibilidades de la sociología de la tecnología en esta temática. El diseño de nuevas formas de evaluación de tecnologías, o de políticas tecnológicas, está constreñido por «imperativos» formales, institucionales y políticos propios del Estado moderno, que la sociología de la tecnología no debe hacer suyos, sin más, como elementos aproblemáticos. La expresión «la política de la tecnología», por oposición al estrecho corsé de la «política tecnológica», quiere hacer referencia a todo un nuevo campo de investigaciones que se abren a la perspectiva constructivista. En primer lugar, podemos situar la cuestión del *poder*. El estudio del papel que la tecnología (y la ciencia) desempeña en la estructuración de las relaciones de poder ha sido, de hecho, un tema recurrente en la corta historia de la sociología de la tecnología³⁶. Es de esperar, sin embargo, que la cuestión del poder adquiera un protagonismo mayor en las investigaciones de los próximos años.

Por último, dentro del ámbito político, el análisis de las controversias tecnológicas públicas —tan características de nuestra cultura tecnológica— constituirá, sin duda, un área de interés preferente. Los estudios desarrollados en las últimas décadas sobre la percepción pública de la ciencia y la tecnología pueden ser útiles en ese sentido, aunque desde la perspectiva constructivista adolecen de una simplificación excesiva y comparten demasiados rasgos con la imagen *standard* de la tecnología. El papel de los gobiernos, los agentes económicos, los grupos de interés, las organizaciones ecologistas y los mismos expertos científicos y técnicos en la configuración, desarrollo y clausura de las controversias tecnológicas públicas ha sido hasta ahora poco analizado de forma sistemática y global y constituye, en principio, un campo de exploración idóneo para la sociología de la tecnología.

³⁵ Véanse, por ejemplo, Rip y Van den Belt (1986), Schot (1992), Smits (1993) y Aibar y Díaz (1994).

³⁶ Véanse, por ejemplo, Callon (1986), Law (1986) y Bijker (1995).

BIBLIOGRAFIA

- AIBAR, E. (1989): «Técnicas, teorías y extrapolaciones: el caso de la Teoría de la Información», *Anthropos*, 94-95 (marzo), 44-50.
- (1995): «Urbanismo y estudios sociohistóricos de la tecnología: el caso del ensanche de Barcelona», *LLULL*, vol. 18, 5-33.
- AIBAR, E., y DÍAZ, J. A. (1994): «Dos décadas de evaluación de tecnologías: del enfoque tecnológico al diseño social», *Sistema*, 123 (nov.), 95-113.
- AKRICH, M., y LATOUR, B. (1992): «A Summary of a Convenient Vocabulary for the Semiotics of Human and Nonhuman Assemblies», en W. Bijker y J. Law (eds.), *Shaping Technology/Building Society. Studies in Sociotechnical Change*, Cambridge (MA): MIT Press, pp. 259-264.
- ALVAREZ, Alvar; MARTÍNEZ, Antonio, y MÉNDEZ, Roberto (1993): *Tecnología en Acción*, Barcelona: Ed. Rap.
- BIJKER, Wiebe E. (1987): «The Social Construction of Bakelite: Toward a Theory of Invention», en Wiebe Bijker, Thomas Hughes y Trevor Pinch (eds.), *The Social Construction of Technological Systems. New Directions in the Sociology and History of Technology*, Cambridge (MA): MIT Press, pp. 159-190.
- (1993): «Do Not Despair: There is Life After Constructivism», *Science, Technology and Human Values*, vol. 18, 1, 113-138.
- (1995): *On Bicycles, bakelite, and Bulbs. Elements for a Theory of Socio-Technical Change*, Cambridge (MA): MIT Press.
- BIJKER, Wiebe E., y LAW, John (eds.) (1992): *Shaping Technology/Building Society*, Cambridge (MA): MIT Press.
- BIJKER, Wiebe E.; HUGHES, Thomas P., y PINCH, Trevor (eds.) (1987): *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology*, Cambridge (MA): MIT Press.
- BLAUNER, Robert (1964): *Alienation and Freedom: The Factory Worker and His Industry*, Chicago: University of Chicago Press.
- BLOOR, D. (1976): *Knowledge and Social Imagery*, Chicago: University of Chicago Press.
- BRAVERMAN, Harry (1985): «Technology and capitalist control», en D. A. Mackenzie y J. Wajcman (eds.), *The Social Shaping of Technology*, Buckingham: Open University Press, pp. 81-83.
- BURNS, Tom (ed.) (1969): *Industrial Man*, Harmondsworth: Penguin.
- CALLON, M. (1980): «The State and Technological Innovation: A Case Study of the Electrical Vehicle in France», *Research Policy*, 9, 358-376.
- (1986): «Some Elements of a Sociology of Translation: Domestication of the scallops and the Fishermen of St. Brieuc Bay», en J. Law (ed.), *Power, Action, and Belief: A New Sociology of Knowledge*, Sociological Review Monograph 32, Londres: Routledge and Kegan Paul.
- (1987): «Society in the Making: The Study of Technology as a Tool for Sociological Analysis», en Wiebe Bijker, Thomas Hughes y Trevor Pinch (eds.), *The Social Construction of Technological Systems. New Directions in the Sociology and History of Technology*, Cambridge (MA): MIT Press, pp. 83-103.
- CALLON, M., y LATOUR, B. (1992): «Don't Throw the Baby Out with the Bath School! A Reply to Collins and Yearly», en A. Pickering (ed.), *Science as Practice and Culture*, Chicago: The University of Chicago Press, pp. 343-368.
- COLLINS, H. M. (1981): «Stages in the Empirical Programme of Relativism», *Social Studies of Science*, 11, 3-10.
- (1985): *Changing Order. Replication and Induction in Scientific Practice*, Chicago: University of Chicago Press.
- COLLINS, H., y YEARLY, S. (1992a): «Epistemological Chicken», en A. Pickering (ed.), *Science as Practice and Culture*, Chicago: The University of Chicago Press, pp. 301-326.
- (1992b): «Journey Into Space», en A. Pickering (ed.), *Science as Practice and Culture*, Chicago: The University of Chicago Press, pp. 369-389.

- DOSI, G. (1982): «Technological Paradigms and Technological Trajectories», *Research Policy*, 11, 147-162.
- GONZÁLEZ DE LA FE, T., y SÁNCHEZ NAVARRO, J. (1988): «Las sociologías del conocimiento científico», *REIS*, 43, 75-124.
- GRINT, K., y WOOLGAR, S. (1995): «On Some Failures of Nerve in Constructivist and Feminist Analyses of Technology», *Science, Technology and Human Values*, vol. 20, 3, 286-310.
- HUGHES, T. P. (1983): *Networks of Power: Electrification in Western Society, 1880-1930*, Baltimore: John Hopkins University Press.
- (1985): «Edison and electric light», en D. A. Mackenzie J. Wajcman (eds.), *The Social Shaping of Technology*, Buckingham: Open University Press, pp. 39-52.
- (1987): «The Evolution of Large Technological Systems», en W. Bijker, T. P. Hughes y T. Pinch (eds.), *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology*, Cambridge (MA): MIT Press, pp. 51-82.
- IRANZO, J. M.; BLANCO, R.; GONZÁLEZ DE LA FE, T.; TORRES, C., y COTILLO, A. (coords.) (1994): *Sociología de la ciencia y la tecnología*, Madrid: CSIC.
- KNORR CETINA, K. (1981): *The Manufacturing of Knowledge: An Essay on the Constructivist and Contextual Nature of Science*, Oxford y New York: Pergamon.
- LAMO DE ESPINOSA, E.; GONZÁLEZ GARCÍA, J. M., y TORRES ALBERO, C. (1994): *La sociología del conocimiento y de la ciencia*, Madrid: Alianza Universidad.
- LATOUR, B. (1987): *Science in Action*, Cambridge (Mass.): Harvard University Press. (Traducción al castellano: 1992, *Ciencia en acción*. Barcelona: Labor.)
- (1992): «Where Are the Missing Masses? The Sociology of a Few Mundane Artifacts», en W. Bijker y J. Law (eds.), *Shaping Technology/Building Society. Studies in Sociotechnical Change*, Cambridge (MA): MIT Press, pp. 225-258.
- LATOUR, B., y WOOLGAR, S. (1986): *Laboratory Life. The Construction of Scientific Facts*, Princeton: Princeton University Press. (Traducción al castellano: *La vida en el laboratorio. La construcción de los hechos científicos*, Madrid: Alianza, 1995).
- LAW, J. (ed.) (1986): *Power, Action, and Belief: A New Sociology of Knowledge*, Sociological Review Monograph 32, Londres: Routledge and Kegan Paul.
- (1987): «Technology and Heterogeneous Engineering: The Case of Portuguese Expansion», en W. Bijker, T. P. Hughes y T. Pinch (eds.), *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology*, Cambridge (MA): MIT Press, pp. 111-134.
- MACKENZIE, D. (1990): *Inventing Accuracy: A Historical Sociology of Nuclear Missile Guidance*, Cambridge (MA): MIT Press.
- (1992): «Economic and Sociological Explanation of Technical Change», en R. Coombs, P. Saviotti y V. Walsh, *Technological Change and Company Strategies*, Londres: Academic Press, pp. 25-48.
- MACKENZIE, D., y WAJCMAN, J. (eds.) (1985): *The Social Shaping of Technology*, Buckingham: Open University Press.
- NELSON, R. R., y WINTER, S. G. (1982): *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Cambridge (MA): The Belknap Press of Harvard University Press.
- NOBLE, D. (1984): *Forces of Production: A Social History of Industrial Automation*, Nueva York: Knopf.
- OGBURN, W. (1933): *Living with Machines*, Chicago: American Library Association.
- OGBURN, W., y THOMAS, D. (1922): «Are inventions inevitable?», *Political Science Quarterly*, 34, 83-98.
- PACEY, A. (1990): *La cultura de la tecnología*, México: FCE.
- PINCH, T., y BIJKER, W. (1984): «The Social Construction of Facts and Artefacts: Or How the Sociology of Science and the Sociology of Technology Might Benefit Each Other», en W. Bijker, T. P. Hughes y T. Pinch (eds.), *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology*, Cambridge (MA): MIT Press, pp. 17-50.

- RIP, Arie, y VAN DEN BELT, Henk (1986): «Constructive Technology Assessment: Influencing Technological Development», *Journal für Entwicklungs-Politik*, 3, 24-40.
- SCHOT, Johan W. (1992): «Constructive Technology Assessment and Technology Dynamics: The Case of Clean Technologies», *Science, Technology and Human Values*, vol. 17, 1 (otoño), 36-56.
- SMITS, R. E. H. M. (1993): «Situación actual de la Evaluación de Tecnologías en Europa», *Quaderns de Tecnologia*, 7 (octubre), 119-128.
- STAUDENMEIER, John (1985): *Technology's Storytellers: Reweaving the Human Fabric*, Cambridge (MA): MIT Press.
- WHITE, L., Jr. (1978): *Mediaeval Technology and Social Change*, Nueva York: Oxford University Press.
- WINNER, L. (1979): *Tecnología Autónoma. La técnica incontrolada como objeto del pensamiento político*, Barcelona: Gustavo Gili.
- WOOLGAR, S. (1991): «The Turn to Technology in Social Studies of Science», *Science, Technology and Human Values*, 16, 20-50.

ABSTRACT

Although the so-called new sociology of technology has got a relatively short history —about fifteen years—, it has produced a promising new theoretical perspective for the understanding of the complex relationship between society and technology, furnished with many detailed case studies. This paper describes the origin and development of this discipline and gives a short account of the three different approaches used by its practitioners: the systems approach, social constructivism and the actor-network theory. Some sociological and theoretical implications of these approaches are considered and special attention is paid to the problematic links between the sociology of technology and the sociology of scientific knowledge. Finally, some possible trends for further research in the coming years are outlined.

NOTAS DE INVESTIGACION