

EDUARD AIBAR  
MIGUEL ÁNGEL QUINTANILLA

# CULTURA TECNOLÓGICA

Estudios de Ciencia,  
Tecnología y Sociedad

17

*ice*  
.....

 UNIVERSITAT DE BARCELONA



  
HERSORI  
EDITORIAL

**TÍTULOS PUBLICADOS**

---

- 1 La educación lingüística y literaria en la enseñanza secundaria**  
*Carlos Lomas (Coord.)*
- 2 Política, legislación e instituciones en la educación secundaria**  
*Manuel de Puellas (Coord.)*
- 3 La atención a la diversidad en la educación secundaria**  
*Elena Martín y Teresa Mauri (Coords.)*
- 4 Enseñar y aprender filosofía en la educación secundaria**  
*Luis M. Cifuentes y José M<sup>a</sup> Gutiérrez (Coords.)*
- 5 La orientación educativa y profesional en la educación secundaria**  
*Elena Martín y Vicent Tirado (Coords.)*
- 6 Enseñar y aprender ciencias sociales, geografía e historia en la educación secundaria**  
*Pilar Benejam y Joan Pagès (Coords.)*
- 7 Diseño y desarrollo del currículum en la educación secundaria**  
*Juan Manuel Escudero (Coord.)*
- 8 Psicología del desarrollo: el mundo del adolescente**  
*Eduardo Martí y Javier Onrubia (Coords.)*

ice



U



UNIVERSITAT DE BARCELONA

B

**HORSORI**  
EDITORIAL

CUADERNOS  
DE FORMACIÓN  
DEL PROFESORADO  
EDUCACIÓN SECUNDARIA

17

EDUARD AIBAR  
MIGUEL ÀNGEL QUINTANILLA

CULTURA TECNOLÒGICA  
Estudios de Ciencia,  
Tecnología y Sociedad

ICE / HORSORI

Universitat de Barcelona

Director: César Coll

Consejo de Redacción: José M. Bermudo, Iñaki Echebarría, José M. Gutiérrez,  
Francesc Segú, Núria Casals

Primera Edición: Diciembre 2002

Quedan rigurosamente prohibidas, sin la autorización de los titulares del «Copyright», bajo las sanciones establecidas en las leyes, la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático y la distribución de ejemplares de ella mediante alquiler o préstamo públicos.

I.C.E. Universitat Barcelona  
Pg. Vall d'Hebron, 171. Edifici de Mígdia (08035) Barcelona  
Horsori Editorial  
Rbla. Fabra i Puig, 10, 1r 1a (08030) Barcelona

© Eduard Aibar  
© Miguel Á. Quintanilla  
© I.C.E. Universitat Barcelona  
© Horsori Editorial

Depósito legal: B-48.546-2002  
I.S.B.N.: 84-85840-96-8  
Impreso en A & M Gràfic, S.L.

*A Laia y Óscar*

# ÍNDICE

CAPÍTULO I.	Tecnología y cultura ( <i>M.Á. Quintanilla</i> ) .....	15
CAPÍTULO II.	El concepto de progreso tecnológico y la incompletud de la técnica ( <i>M.Á. Quintanilla</i> ) .....	39
CAPÍTULO III.	Innovación tecnológica y cambio social: más allá del determinismo tecnológico ( <i>E. Aibar</i> ) .....	59
CAPÍTULO IV.	La democracia tecnológica ( <i>M.Á. Quintanilla</i> ) .....	91
CAPÍTULO V.	El conocimiento científico en las controversias públicas ( <i>E. Aibar</i> ) .....	105
CAPÍTULO VI.	La comprensión pública de la ciencia y la tecnología ( <i>E. Aibar</i> ) .....	127
CAPÍTULO VII.	La política científica: el papel del parlamento y los medios de comunicación ( <i>M.Á. Quintanilla</i> ) .....	147
CAPÍTULO VIII.	La participación del público en las decisiones tecnológicas ( <i>E. Aibar</i> ) .....	167
CAPÍTULO IX.	El Plan Delta: una controversia tecnológica a escala nacional ( <i>E. Aibar</i> ) .....	191
CAPÍTULO X.	La máquina urbana: el caso del ensanche de Barcelona ( <i>E. Aibar</i> ) .....	219

## PREFACIO

Esta obra presenta un análisis de algunos de los aspectos más característicos de nuestra cultura tecnológica. La noción de progreso tecnológico, la forma en que determinados valores pueden incorporarse a las tecnologías que utilizamos, la relación entre los mecanismos políticos tradicionales y la toma de decisiones en torno a la ciencia y la tecnología, la imagen pública de la tecnología, la dinámica de las controversias tecnológicas, las fuerzas que inciden en la dirección del cambio tecnológico, son algunos de los temas centrales que nos han ocupado en los capítulos que siguen y que definen el ámbito de la cultura tecnológica. Parte de nuestra exposición va dirigida, justamente, a ofrecer una caracterización más precisa del concepto mismo de *cultura tecnológica* que, desde hace algunos años, viene siendo utilizado con profusión en distintos medios.

En cierto modo, se trata de un concepto provocativo o, como mínimo, polémico. Básicamente porque enlaza dos parcelas de la realidad, la cultura y la tecnología, que tradicionalmente han sido tratadas como ámbitos claramente diferenciados o, incluso, enfrentados. Nuestro convencimiento, y el de muchos otros investigadores, es, sin embargo, que la ciencia, la tecnología y la cultura constituyen sistemas altamente interconectados. Gran parte de nuestro esfuerzo en los capítulos que siguen ha sido, precisamente, el de describir algunos de los vínculos y procesos que los unen.

El concepto de cultura tecnológica, en un sentido laxo, constituye igualmente una suerte de puerta de acceso privilegiada para la comprensión de la sociedad contemporánea. Analizar la cultura tecnológica es, por lo tanto, analizar el mundo actual desde una perspectiva o prisma particular. Es útil recordar, en este sentido, que las más célebres teorizaciones sobre la sociedad moderna –la sociedad postindustrial de Daniel Bell, la sociedad del riesgo de Ulrich Beck o la sociedad de la información de Manuel Castells– utilizan puntos de vista claramente rela-

cionados con el de la cultura tecnológica y otorgan, consecuentemente, un papel central en sus modelos a la dinámica de la ciencia y la tecnología.

Nuestra obra, por otro lado, puede enmarcarse en la conocida tradición de los estudios *Ciencia, Tecnología y Sociedad* (CTS). Estos estudios constituyen una de las áreas más florecientes y productivas en el panorama internacional actual de la investigación social y humanística. En sus apenas tres décadas de historia, los estudios CTS han experimentado un ritmo de crecimiento ciertamente espectacular, tanto en el número de investigadores y desarrollos académicos que se han integrado a ellos, como en el volumen de enfoques, estudios y problemas abordados.

Los estudios CTS representan el primer esfuerzo serio y sistemático por establecer una base sólida y suficientemente amplia para el análisis de la ciencia y la tecnología, como fenómenos clave de la sociedad contemporánea, poniendo especial énfasis en su interacción con los distintos aspectos del ámbito social, económico, político y cultural. En ese sentido y frente a las visiones tradicionales, su rasgo teórico más idiosincrásico ha sido, sin duda, el de acometer el estudio de la ciencia y la tecnología como fenómenos que tienen lugar *en* la sociedad y no en un terreno básicamente aislado o independiente de ella.

Una tarea de tal magnitud ha requerido, desde el principio, la ruptura de algunas barreras disciplinares tradicionales en el mundo académico. La interdisciplinariedad es, en efecto, uno de los rasgos más característicos de tales estudios. Se trata, sin embargo, de una interdisciplinariedad de origen sustantivo: es precisamente la naturaleza multifacética y poliédrica de su objeto de estudio (la complejidad de las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad), la que ha requerido una intensa colaboración entre expertos procedentes de disciplinas diversas (historia, sociología, filosofía, economía, politología, etc.), así como la necesidad de elaborar un terreno conceptual y temático común para la investigación y el intercambio de información entre áreas tradicionalmente poco relacionadas entre sí.

En términos más concretos, los estudios CTS se han centrado, principalmente, en dos aspectos básicos. Por un lado, exploran los impactos o efectos de la ciencia y la tecnología en la estructura social, en la industria y la economía, en la política, en el medio ambiente, en el pensamiento y, en general, en la cultura. Por otro, y de forma paralela, los estudios CTS intentan determinar en qué medida y de qué forma distintos factores (valores de diverso orden, fuerzas económicas y políticas, culturas profesionales o empresariales, grupos de presión, movimientos sociales, etc.) configuran o influyen en el desarrollo científico y tecnológico. En ese sentido, tienen un interés tanto teórico, en la medida en que ayudan a comprender aspectos esenciales de la sociedad y de la cultura actuales, como práctico, en la medida en que pueden servir de base para la toma de decisiones en el ámbito de la intervención política y social sobre el desarrollo de la ciencia y la tecnología.

Otra característica innegable del ámbito CTS es la heterogeneidad de perspectivas que conviven en él. A pesar de que la voluntad de cooperación interdisciplinar es innegable entre la mayor parte de investigadores, que ya no rehuyen

la discusión o la confrontación con otros colegas por simples motivos disciplinares, siguen existiendo diferencias evidentes, tanto a escala metodológica como teórica en las distintas áreas de estudio implicadas. Las discusiones metateóricas han ocupado, por ello, muchas páginas en los trabajos CTS desarrollados en los últimos años.

Nuestra opinión al respecto es que, sin pretender que la interdisciplinariedad deba suponer la desaparición automática de las tradiciones, métodos y particularidades de cada área de estudio –la filosofía, la sociología, la historia, la economía, etc. la ciencia y la tecnología–, sigue siendo importante no romper la baraja, es decir, trazar puentes conceptuales o temáticos entre ellas y permitir que la integración en foros de discusión heterogéneos permita la fertilización mutua más que el aislamiento o la diferenciación progresiva.

Nuestra intención, en este sentido, no ha sido la de realizar una obra en que las cuestiones metateóricas ocuparan el centro de atención, por encima de los contenidos sustantivos. Es evidente que la tensión entre las distintas perspectivas teóricas y metodológicas se halla presente en nuestros respectivos trabajos –resulta obvio que, aunque compartimos preocupaciones e incluso resultados muy similares en algunos ámbitos, nuestra procedencia disciplinar y nuestros supuestos teóricos son distintos–, pero nuestra voluntad es que tales diferencias, sin ser ocultadas o disimuladas, se muestren de forma indirecta en el tratamiento de problemas concretos.

Un objetivo importante de esta obra ha sido, por lo tanto, ofrecer una introducción al área temática de los estudios CTS proporcionando ejemplos específicos del tipo de análisis que los integran. El presente libro es, consecuentemente, más un exponente de la práctica –heterogénea y variada– de los estudios CTS que una discusión metateórica sobre el significado, la ortodoxia o la heterodoxia de la tales estudios. La diversidad teórica y metodológica se muestra en la práctica de la investigación que cada uno de los capítulos representa –y, a veces, se trata y discute de forma explícita en ellos– pero constituye un aspecto secundario de los mismos. Nuestra intención, por encima de todo, es ofrecer tesis e hipótesis sustantivas sobre las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad, así como herramientas conceptuales y metodológicas para profundizar en ellas.

Aunque la obra no tiene pretensiones de ofrecer un repaso exhaustivo a todos los problemas que configuran los estudios CTS, sí que hemos intentado seleccionar algunos de los que, en nuestra opinión, resultan más interesantes, desde una perspectiva teórica y, más acuciantes, desde un punto de vista político o social. De hecho, el orden de los capítulos dibuja una cierta trayectoria de lo abstracto y conceptual a lo concreto y empírico. Hemos preferido, en este sentido, comenzar con análisis de tipo conceptual que tematizan aspectos globales de la relación entre tecnología y sociedad; seguir con el tratamiento de cuestiones específicas en el marco de dicha interacción y acabar con algunos estudios de caso concretos.

En cualquier caso, y a pesar de la ordenación de los capítulos según la secuencia lógica que hemos mencionado, éstos constituyen, por separado, unidades relativamente independientes y su lectura puede ser abordada, por lo tanto, según el orden que los intereses o preferencias del lector privilegien.

El hilo conductor de toda la obra es, como ya hemos dicho, el concepto de cultura tecnológica. De hecho, gran parte de los análisis que se exponen aquí es el fruto de las tareas desarrolladas por los autores en un proyecto de investigación que tenía por objeto conseguir una caracterización precisa del concepto de cultura tecnológica y la exploración de los fenómenos que la caracterizan.<sup>1</sup> Se trata de un concepto que, como el lector podrá apreciar en el tratamiento que de él hacemos en la obra, presenta una gran utilidad analítica; algo que, por cierto, ha sido intuitivo también por distintos autores en el ámbito de los estudios CTS.

En realidad, ese proyecto de investigación se halla en la base de esta obra por partida doble. Además de ser el detonante puntual de la mayor parte de trabajos que han cristalizado, finalmente, en estos capítulos, constituyó el inicio de una relación profesional e intelectual intensa durante varios años, gracias a la incorporación de Eduard Aibar al grupo EPOC<sup>2</sup> de la Universidad de Salamanca. Este hecho afortunado, además de poner el germen de una amistad sincera y duradera, nos permitió disfrutar del óptimo clima de discusión e intercambio de ideas y opiniones, en el que se han gestado las ideas que aquí exponemos.

*Eduard Aibar y Miguel Á. Quintanilla*

<sup>1</sup> El proyecto, fruto de un encargo de la Fundación COTEC (Convergencia Tecnológica), fue coordinado por Miguel Á. Quintanilla y Alfonso Bravo y en él participaron, además, Eduard Aibar y Cristóbal Torres. En sus primeras fases colaboró igualmente el profesor Wiebe Biker. El informe final se presentó en 1998.

<sup>2</sup> Grupo de Evaluación de Políticas Científicas, dirigido por Miguel Á. Quintanilla y formado entonces por Alfonso Bravo, Fernando Broncano, Bruno Maltrás, Javier Vidal y Jesús Vega.

# CAPÍTULO I

## Tecnología y cultura

*Miguel Á. Quintanilla*

Sabemos que las modalidades de desarrollo tecnológico están estrechamente relacionadas con las configuraciones culturales de las diferentes sociedades, que hay una cierta coherencia entre las tecnologías que una sociedad es capaz de crear o de asimilar y el resto de los rasgos culturales que caracterizan a esa sociedad. Ortega y Gasset (1939) ya lo señalaba en su *Meditación de la Técnica* cuando intentaba explicar los diferentes estilos tecnológicos de Oriente y Occidente, o cuando contraponía los modelos culturales del hidalgo y del *gentleman*. Más recientemente, los debates sobre “tecnologías apropiadas” para los países del Tercer Mundo y las controversias sobre modelos alternativos de desarrollo económico han puesto también de relieve la importancia de los factores culturales para explicar o dirigir el cambio técnico. Incluso, en informes eminentemente orientados a la toma de decisiones en política tecnológica, se concede una creciente importancia a los factores culturales (COTEC, 1998). Mi propósito en este capítulo es exponer los fundamentos de una teoría general de la cultura técnica que pueda servir para construir modelos específicos para el análisis de las interacciones entre tecnología y cultura en casos concretos. Me apoyaré para ello en la noción de sistema técnico que he desarrollado en otras ocasiones (Quintanilla, 1989, 1993-94, 1996(93)) y en la filosofía de la cultura de Jesús Mosterín (1993)<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Este trabajo tiene su origen en un informe encargado por la fundación COTEC sobre indicadores de cultura tecnológica: Quintanilla y Bravo (1998). Durante varios años,

En primer lugar resumiré algunas nociones básicas de la filosofía de la técnica, como son las de sistema técnico, técnica y tecnología. Después propondré una teoría de la cultura técnica y, finalmente, un esquema para el análisis de la incidencia de los factores culturales en el desarrollo técnico.

## 1. NOCIONES BÁSICAS DE LA TEORÍA DE LA TÉCNICA

Para empezar, hay que señalar la existencia de una ambigüedad sistemática en el uso de los términos “técnica” y “tecnología”, “artefacto técnico”, “conocimiento técnico” y “sistema técnico”.

En principio se entiende por *técnica un conjunto de habilidades y conocimientos que sirven para resolver problemas prácticos*. Un tipo específico de técnicas son las *técnicas productivas* o de transformación y manipulación de objetos concretos para producir intencionadamente otros objetos, estados de cosas o procesos. Los resultados de la aplicación de estas técnicas productivas son lo que llamamos *artefactos*, algunos de los cuales, como las *herramientas y máquinas*, son a su vez *instrumentos técnicos*. Las técnicas en general, y en especial las técnicas productivas, constituyen pues una *forma de conocimiento de carácter práctico*.<sup>2</sup>

Por *tecnología se entiende un conjunto de conocimientos de base científica que permiten describir, explicar, diseñar y aplicar soluciones técnicas a problemas prácticos de forma sistemática y racional*.<sup>3</sup> La importancia de una tecnología de

Alfonso Bravo y yo hemos trabajado en este tema y hemos contado con la colaboración de Cristóbal Torres y, especialmente, de Eduard Aibar, que nos ha proporcionado valiosa información sobre los estudios sociales de la ciencia y la tecnología. Con el director de la Fundación COTEC, Juan Mulet, he discutido en varias ocasiones algunas de las ideas aquí expuestas y sus atinadas observaciones “de ingeniero”, como él dice, me han ayudado a depurarlas y precisarlas. Otros colegas del grupo de Estudios de Política Científica de la Universidad de Salamanca (EPOC), Fernando Broncano, Bruno Maltrás y Jesús Vega, en especial, han discutido en muchas ocasiones estos temas conmigo y me han aportado críticas y sugerencias útiles. Lo mismo han hecho bastantes estudiantes y colegas que me han escuchado en diferentes ocasiones durante los últimos tres años. Entre ellos quiero destacar a Mario Bunge y a Jesús Mosterín cuya *Filosofía de la Cultura* me ha resultado sumamente estimulante. A todos ellos quiero expresar mi agradecimiento. Versiones previas de este capítulo se han publicado en diversas ocasiones, a partir de una primera versión aparecida en el monográfico de *Teorema* XVII, 3 (1998) 79-88, dedicado a la Filosofía de la Tecnología.

<sup>2</sup> Incluyo las *habilidades* como formas de conocimiento práctico. En Quintanilla (1991) se desarrolla este tema que luego apareció publicado como una parte de Quintanilla (1993-94). Ver también Vega (1996).

<sup>3</sup> El significado del término “tecnología” no está estabilizado ni en castellano ni en otros idiomas, como el inglés o el francés de los que depende el uso del término español. Mitcham (1994) hace un exhaustivo análisis de los significados de “technology”, al que remitimos al lector. De las diferentes definiciones que comenta Micham (pág. 153), las más próximas a la que proponemos aquí son las de Galbraith (1971): “la aplicación siste-

base científica para poder diseñar y producir determinado tipo de artefactos técnicos explica el uso de nociones como artefacto tecnológico, industria tecnológica, tecnología avanzada, etc. en relación con determinadas técnicas productivas características de la industria actual. En todos estos casos se hace referencia a un tipo de técnicas o artefactos e industrias cuyo desarrollo y aplicación han sido posibles gracias a la existencia de un cuerpo de conocimientos tecnológicos de base científica. Frente a ellos, y para distinguirlos, se puede hablar de *técnicas empíricas*, artesanales o pretecnológicas para referir a aquellas técnicas que se basan exclusivamente en la *experiencia práctica*, no en la aplicación sistemática del conocimiento científico a la resolución de problemas.

Una regla que utilizaremos aquí, y que debería respetarse siempre, para evitar confusiones, es que el concepto de *técnica*, en expresiones como *filosofía de la técnica*, *historia de la técnica*, etc., se usará siempre en *sentido genérico*, reservando la denominación de *técnica empírica* o *artesanal* para las técnicas productivas no basadas en la ciencia, y la de *tecnología* para las técnicas productivas (o, al menos, de interés económico) basadas en la ciencia.

Por otra parte, distinguiremos también entre técnicas, artefactos y sistemas técnicos. Las técnicas son entidades culturales (Mosterín, 1993) o formas de conocimiento: algo que se puede aprender y transmitir a través de diferentes procesos de aprendizaje, como se transmite cualquier información cultural. En cambio, los artefactos son entidades materiales, concretas, que se pueden manipular, usar, construir y destruir, pero de las que, salvo en sentido figurado o metafórico, no cabe decir que se aprendan, se codifiquen o se interpreten. Por su parte, los *sistemas técnicos*, como veremos más adelante, son como los artefactos, entidades concretas, pero incluyen, como partes de ellos, a los agentes intencionales que los utilizan, los diseñan o los controlan.

A modo de síntesis, podemos distinguir tres grandes orientaciones o enfoques en las teorías sobre la técnica y la tecnología, que llamaremos enfoque cognitivo, instrumental y sistémico.<sup>4</sup>

Para el *enfoque cognitivo* las técnicas empíricas son formas de conocimiento práctico; las tecnologías son *ciencia aplicada* a la resolución de problemas prácticos, y el cambio técnico consiste en el progreso del conocimiento y de sus aplicaciones, siendo sus fuentes principales la invención técnica y el desarrollo y la aplicación del conocimiento científico.<sup>5</sup>

mática del conocimiento científico, o de otras formas de conocimiento organizado, a tareas prácticas”: y Rosenberg (1982): “el conocimiento de las técnicas”.

<sup>4</sup> Mitcham (1994) hace una distinción parecida, hablando de las diferentes “formas de manifestación” de la tecnología, como conocimiento, como actividad (producción y uso) y como objetos (artefactos), añadiendo además una manifestación “como volición” (podríamos decir, como fuente de poder).

<sup>5</sup> Bunge (1966) es una referencia clásica para el enfoque cognitivo, aunque en Bunge (1985) presenta una filosofía de la tecnología más completa y sistémica. También la obra de J. Agassi (1985) se puede encuadrar en el enfoque cognitivo, aunque lo trasciende para interesarse por los aspectos sociales y políticos de la tecnología.

Para el enfoque que llamamos *instrumental*, las técnicas se identifican con los *artefactos*, los instrumentos y productos resultados de la actividad o del conocimiento técnico. Esto se aplica tanto a las técnicas empíricas como a las tecnologías: la tecnología espacial es el conjunto de aeronaves y dispositivos que se utilizan para la navegación espacial, se dice que se ha adquirido una nueva *tecnología* para la planta de producción cuando en realidad lo que se ha hecho es incorporar una nueva máquina o conjunto de máquinas, etc.

Finalmente, el enfoque que llamamos *sistémico* consiste en considerar que las unidades de análisis para estudiar las propiedades de la técnica o para construir una teoría del desarrollo tecnológico, no son conjuntos de conocimientos o conjuntos de artefactos, sino *sistemas técnicos*. La idea intuitiva subyacente en este enfoque es que un *sistema técnico* es una unidad compleja formada por artefactos, materiales y energía, para cuya transformación se utilizan los artefactos, y agentes intencionales (usuarios u operarios) que realizan esas *acciones* de transformación. Por ejemplo, una lavadora automática doméstica es un artefacto, la ropa sucia, el agua, el jabón y la energía eléctrica son los inputs que se necesitan

Tabla 1: Tres enfoques en la teoría de la técnica

		Características más relevantes		
		La técnica empírica es	La tecnología es (fundamentalmente)	Factor fundamental del desarrollo tecnológico
Enfoques	Cognitivo	Conocimiento práctico Habilidad	Conocimiento científico aplicado	La invención y la I+D
	Instrumental	Artefactos artesanales	Artefactos industriales	La difusión de innovaciones
	Sistémico	Sistemas de artefactos+materiales +energía+ usuarios/operarios basados en técnicas empíricas	Sistemas técnicos que incluyen artefactos industriales y operarios con formación especializada, basados en tecnologías científicas	La innovación social y cultural

para que la lavadora funcione, pero se requiere al menos un agente intencional que ponga en marcha la máquina, introduzca la ropa y el detergente y seleccione el programa de funcionamiento, para que el conjunto funcione realmente como un sistema técnico. El conjunto *artefacto+materiales+energía+usuario* constituye el *sistema técnico*. La definición es aplicable tanto a los sistemas artesanales que se basan en técnicas empíricas como a los sistemas tecnológicos. La diferencia está en la complejidad de las correspondientes estructuras y en el tipo de conocimientos y habilidades que se necesitan para diseñar, construir y, a veces, usar el sistema.

Las consecuencias que se derivan de adoptar uno u otro enfoque en el análisis de la técnica no carecen de importancia. Por ejemplo, si se adopta un *enfoque cognitivo*, el teórico de la técnica centrará su atención en cuestiones relativas al desarrollo del conocimiento y de la investigación aplicada, pero tendrá dificultades para integrar en su teoría cuestiones relativas a la difusión de las innovaciones. Políticas de desarrollo tecnológico basadas en el *empuje de la oferta* (potenciar la I+D) suelen estar inspiradas por una visión cognitiva de la tecnología, en las que el factor fundamental de la innovación es la *invención* de nuevos artefactos, pero suelen encontrarse con problemas para comprender la dificultad para transferir los conocimientos obtenidos en las actividades de I+D a las actividades de producción y comercialización de las empresas.

Por otra parte, si se adopta un *enfoque instrumental*, será fácil identificar las diferentes tecnologías y sus propiedades, tanto funcionales como económicas, y a partir de ellas podremos entender algunos aspectos de los procesos de *innovación y difusión* de las innovaciones; pero será difícil comprender el *origen* de las innovaciones y la influencia que los *factores sociales y culturales* pueden ejercer sobre el desarrollo tecnológico. Muchos de los modelos económicos del cambio técnico suelen adoptar este enfoque que llamamos instrumental.

El enfoque *sistémico* es el que nos parece más realista y comprensivo. Adoptando este enfoque nos obligamos a incluir en la teoría de la innovación y del desarrollo tecnológico no sólo elementos cognitivos o económicos, sino también elementos sociales, organizativos, culturales, etc. Por ejemplo, la introducción de una innovación en el mercado se presenta ahora como un proceso complejo que implica no sólo operaciones de investigación y desarrollo, producción y venta de un artefacto (un producto), sino también procesos logísticos de aprovisionamiento de materiales, organización de las redes de distribución, formación de personal y de usuarios, etc., algo que podemos resumir en la idea de una *innovación social* asociada a la innovación técnica.

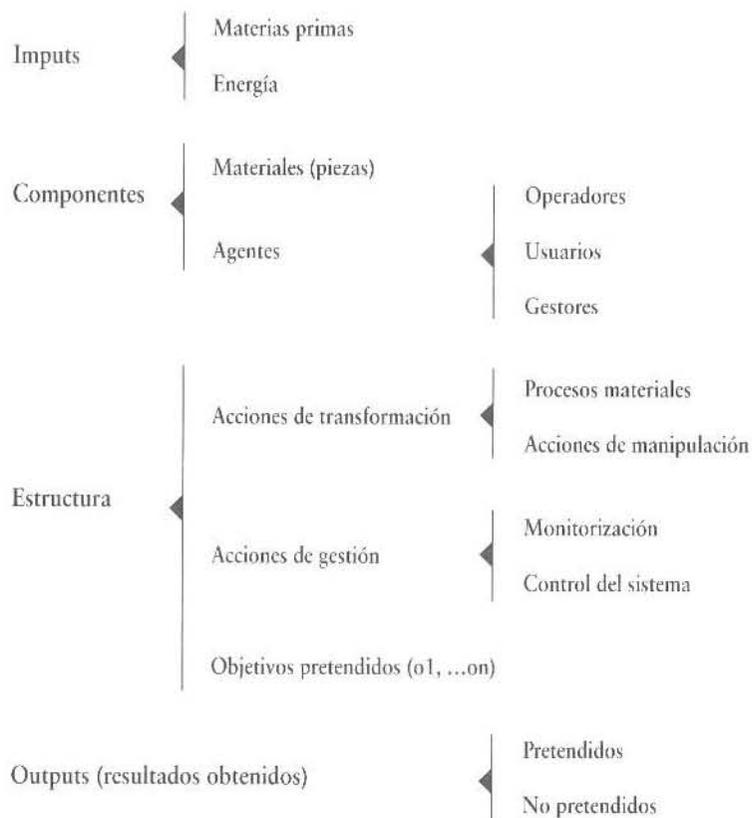
Muchos de los enfoques actuales en economía (Dosi *et al.* (eds), 1982), sociología (Bijker *et al.* (eds), 1987) y, en cierto modo, en política de la tecnología<sup>6</sup> comparten los rasgos básicos del enfoque sistémico, pero no siempre cuentan con una noción precisa y coherente de sistema técnico.

<sup>6</sup> El *Manual de Oslo* de la OCDE para la recogida de información sobre políticas de innovación tecnológica responde en buena medida a este enfoque.

## 2. LA ESTRUCTURA DE LOS SISTEMAS TÉCNICOS

Hughes (1983) usa la noción de sistema tecnológico para referirse a sistemas complejos en los que los aspectos sociales y organizativos pueden ser tan importantes como los propios artefactos físicos. Por ejemplo, el sistema de generación y distribución de energía eléctrica que inventó y puso en práctica Edison constituye un sistema tecnológico en este sentido. Para entender su funcionamiento hay que tener en cuenta no sólo las propiedades de los dispositivos eléctricos, sino también la capacidad organizativa de Edison, los cambios de costumbres que se produjeron como consecuencia del uso industrial y doméstico de la electricidad, etc. Pero, en realidad, cualquier realización técnica concreta, independientemente de su magnitud y complejidad, presenta esa doble dimensión (física y social, artefactos y organización) que en los grandes sistemas tecnológicos es más fácil

Tabla 2: Caracterización de los sistemas técnicos



de advertir. Un ordenador personal aisladamente considerado es un simple artefacto incapaz de hacer nada; un ordenador acoplado a un usuario es un sistema técnico que puede resolver problemas de cálculo o de control de maquinaria, etc.

Podemos definir un *sistema técnico como un dispositivo complejo compuesto de entidades físicas y de agentes humanos, cuya función es transformar, de forma eficiente, algún tipo de cosas para obtener determinados resultados característicos del sistema.*<sup>7</sup> Una factoría de producción de automóviles es un sistema técnico. Pero una lavadora eléctrica, con todos sus componentes, junto con su usuario, la ropa, el jabón y el agua que éste introduce en ella, y la energía eléctrica que consume, constituye también un sistema técnico caracterizado por unos determinados objetivos y resultados. Todos los elementos que caracterizan un sistema técnico están resumidos en la **Tabla 2**:

1. **Inputs.** Se trata de las *materias primas* que se utilizan y se transforman en el sistema técnico (la ropa, el jabón, el agua, en el caso de la lavadora, el uranio enriquecido, en una central nuclear, etc.) y la *energía* que se emplea para las operaciones del sistema.
2. **Componentes materiales.** Las “piezas” o *equipamiento*, es decir, los componentes técnicos del propio sistema (el reactor, las edificaciones de la central nuclear; las piezas, motores, mecanismos, controladores electrónicos, válvulas, etc. de la lavadora, el procesador y los chips de memoria del ordenador, etc.).
3. **Componentes intencionales o agentes.** La diferencia principal entre un artefacto y un sistema técnico es que el sistema técnico requiere la actuación de agentes intencionales: una lavadora sin usuario, una central nuclear sin operarios e ingenieros que la hagan funcionar y que controlen su funcionamiento, o un ordenador sin nadie que lo programe, no son sistemas técnicos, son piezas de museo que representan una parte de un sistema técnico. Los agentes de un sistema técnico son generalmente individuos humanos, caracterizados por sus *conocimientos, habilidades y valores* (su *cultura*, ver más adelante) y que actúan en el sistema bien sea como *usuarios*, como *operadores manuales* o como *controladores o gestores* del sistema. En sistemas complejos estas funciones pueden ser ejercidas por individuos diferentes; pero también es posible que varias de esas funciones las ejerza la misma persona e incluso es posible que parte de ellas sean transferidas a mecanismos de control automático.

<sup>7</sup> En Quintanilla (1989) propuse la siguiente definición “Un sistema técnico es un sistema de acciones intencionalmente orientado a la transformación de objetos concretos para conseguir de forma eficiente un resultado que se considera valioso” y desarrollé formalmente los conceptos involucrados en esta definición, a partir de la ontología de sistemas de Mario Bunge (1976).

4. **La estructura del sistema.** Está definida por las relaciones o interacciones que se producen entre los componentes del sistema. Distinguimos dos tipos: *relaciones de transformación* y *relaciones de gestión*. Entre las primeras cabe distinguir los *procesos físicos* que se producen en los componentes materiales del sistema, por una parte, y las acciones de *manipulación* que llevan a cabo los agentes intencionales. En un reactor nuclear, los procesos de fisión del núcleo atómico pertenecen al primer grupo, los procesos de manipulación, carga y descarga del combustible, pertenecen al segundo grupo. Las *relaciones de gestión* son también relaciones entre los componentes del sistema, pero en ellas lo que cuenta no son las transformaciones materiales que se producen entre los componentes, sino el flujo de *información* que permite el control y la gestión global del sistema: la actuación de los dispositivos de *monitorización* (que informan del estado del sistema), y de *control* automático (programa de la lavadora, dispositivos de alarma y de parada automática de una central nuclear) o manual (las acciones de arranque y parada de la máquina, de la central nuclear, etc.) forman parte de la estructura de cualquier sistema técnico. En sistemas complejos, la gestión del sistema puede requerir centenares de personas (desde los encargados de planta hasta el equipo de ingenieros de una fábrica industrial) y millones de elementos técnicos (procesadores electrónicos, sistemas de control automático, monitores, etc.). También es posible que la gestión completa del sistema se automatice (se encomiende a un programa de ordenador) o que todas las funciones de control se realicen al mismo tiempo por el mismo agente (en sistemas simples o altamente automatizados, en los que las operaciones de gestión se reducen a observar los indicadores de alarma y a parar o arrancar manualmente un sistema).
5. **Los objetivos.** Son parte de la estructura del sistema, ya que constituyen elementos imprescindibles para las acciones intencionales. Se supone que un sistema técnico se diseña y se utiliza para conseguir unos determinados objetivos o realizar determinadas funciones. Una lavadora automática se puede utilizar como mesa, pero no suele ser ése el objetivo para el que ha sido diseñada. Para caracterizar un sistema técnico es muy importante definir bien sus objetivos, a ser posible en términos precisos y cuantificables, de manera que el usuario u operador del sistema sepa a qué atenerse y qué puede esperar del mismo.
6. **Output o resultados.** En general, el resultado de una acción intencional no coincide completamente con los objetivos de la acción: puede suceder que parte de los objetivos no se consigan (o no se consigan en la medida prevista) y que además se obtengan resultados que nadie pretendía obtener. Por eso, para caracterizar y valorar cualquier sistema técnico, es importante distinguir entre los objetivos previstos y los resultados realmente obtenidos (y dentro de éstos, los que coinciden con los previstos y los que difieren de ellos). Dos centrales nucleares pueden tener los mismos objetivos

de producción de energía eléctrica, la misma potencia, etc.; pero serán muy diferentes si una genera residuos radiactivos que se pueden utilizar directamente para producir armamento nuclear y otra no, o si en una se producen escapes radiactivos con más frecuencia que en la otra, etc.

Nuestra definición de sistema técnico constituye una base sólida para la construcción de una teoría de la estructura y la dinámica de la tecnología. En primer lugar, al quedar bien definida la estructura de los sistemas técnicos, se pueden definir con precisión nociones importantes como las de subsistema técnico, variante de una técnica, adaptación de técnicas a usos alternativos, composición de técnicas, complejidad tecnológica, etc. Además permite establecer clasificaciones sistemáticas de las técnicas y las tecnologías y dar un significado preciso a nociones ambiguas como la distinción entre tecnologías blandas y duras, tecnologías apropiadas, tecnologías alternativas y usos alternativos de una tecnología, como propuse en Quintanilla (1989). En segundo lugar, la diferenciación entre componentes materiales y sociales (o agentes) permite recoger la complejidad de los sistemas técnicos sin reducirlos a conglomerados opacos o a redes de "actores", en los que se supone que tienen la misma eficacia causal las personas, las palabras, los artefactos y las materias primas, utilizando para ello metáforas antropomórficas, extraídas de la lingüística (Callon, 1986; Latour, 1987)

En tercer lugar, la noción de sistema técnico nos permite ubicar el papel del conocimiento técnico y de otros factores culturales, como los valores (ver Broncano, 1997) en la evolución de las técnicas.

### 3. CULTURA TÉCNICA

Utilizaremos aquí la propuesta de Mosterín (1993), según la cual *cultura es la información transmitida por aprendizaje social entre animales de la misma especie*. Esta información puede ser de tres tipos: representacional (información acerca de las características y propiedades del medio), práctica (información acerca de cómo hay que actuar) y valorativa (información acerca de qué estados de cosas son preferibles, convenientes o valiosos). Como el propio Mosterín señala, esta concepción de la cultura recoge, precisándolo, el contenido esencial del concepto de cultura que se usa en la antropología y la etología científicas. La cultura de un grupo social estará formada por el conjunto de rasgos culturales (representaciones, creencias, reglas y pautas de comportamiento, sistemas de preferencias y valores) presentes en los miembros de ese grupo. Por otra parte, el conjunto de todos los rasgos culturales que constituyen la cultura de un grupo social se pueden clasificar en varias culturas específicas. En función de los contenidos de esos rasgos culturales, puede hablarse de la cultura religiosa, política, científica, deportiva, empresarial, laboral, académica, etc. Dentro de este marco de ideas, la expresión *cultura técnica* puede tener dos acepciones. Por una parte puede referirse al conjunto de técnicas (como conocimientos prácticos) de que dispone un determinado grupo social (la técnica forma parte de la cultura); por otra, puede

referirse a un conjunto de rasgos culturales (representaciones, reglas y valores) relacionados con las técnicas. Aquí nos atenderemos a este segundo sentido, más amplio, de cultura técnica.

De hecho, los sistemas técnicos son en realidad sistemas híbridos, *socio-técnicos*. Incorporan, por lo tanto, componentes culturales, económicos y organizativos o políticos, y además funcionan y se desenvuelven en un entorno formado por otros sistemas sociales más amplios que influyen en ellos y a su vez son afectados por ellos. Parte del entorno social de cualquier sistema técnico es un *sistema cultural*, que incluye conocimientos científicos y tecnológicos, pero también otros componentes culturales referidos a valores, habilidades, representaciones o creencias, etc. La situación se puede resumir en los siguientes términos: *la cultura forma parte de los sistemas técnicos y la técnica forma parte de la cultura*.

A partir de estas consideraciones podemos definir la *cultura técnica de un grupo social como una cultura específica, formada por todos los rasgos culturales (información descriptiva, práctica y valorativa) que se refieren a, o se relacionan de algún modo con, sistemas técnicos*. Los componentes principales de la cultura técnica son:<sup>8</sup>

1. Los conocimientos, creencias y representaciones conceptuales o simbólicas sobre las técnicas y sobre los sistemas técnicos. Llamaremos a esto *el contenido simbólico o representacional de la cultura técnica*.
2. Las reglas y pautas de comportamiento, habilidades y conocimientos operacionales referidos a sistemas técnicos. Llamaremos a esto *el componente práctico de la cultura técnica*.
3. Los objetivos, valores y preferencias relativos al diseño, adquisición, uso etc. de sistemas técnicos y de conocimientos técnicos. Llamaremos a esto *el componente valorativo o axiológico de la cultura técnica*.

Estos componentes de la cultura técnica se pueden presentar en dos modalidades: aquellos que *están incorporados* a sistemas técnicos y aquellos otros, que aun siendo parte de la cultura técnica de un grupo social, *no están incorporados* a ningún sistema técnico. En el primer caso, hablaremos de cultura técnica *incorporada*; en el segundo, hablaremos de cultura técnica *no incorporada*.

### 3.1 Cultura técnica incorporada

En efecto, los sistemas técnicos *incorporan* muchos contenidos culturales. Un sistema técnico está compuesto en parte por agentes humanos que actúan inten-

<sup>8</sup> Nuestro planteamiento difiere, aunque no es totalmente incompatible con el de otros autores que se han ocupado intensamente de los aspectos culturales de la tecnología. Por ejemplo, Pacey (1983) distingue tres *aspectos* en la *práctica tecnológica*: el propiamente técnico, el organizacional y el cultural. Este último incluye los objetivos, valores, creencias sobre la técnica (como la creencia en el progreso, etc.).

cionalmente (operadores, gestores o usuarios del sistema). Para actuar en el sistema técnico estos agentes necesitan determinada *información* que forma parte de su propia cultura, en especial:

1. Los *conocimientos, creencias o representaciones* que poseen acerca de los componentes, la estructura y el funcionamiento del sistema.
2. Las *habilidades prácticas y reglas de actuación* que son capaces de seguir para operar con el sistema, o para diseñarlo y construirlo.
3. Los *valores referidos especialmente a los objetivos y resultados* de cada una de sus acciones así como del sistema en su conjunto y a la relación entre ambos.

Todos estos elementos culturales se pueden considerar incorporados a cada sistema técnico a través de sus operadores y constructores humanos. El contenido cultural de cada sistema técnico concreto puede ser (y generalmente será) diferente, puesto que también lo es la cultura de los diferentes agentes humanos. *El conjunto de los contenidos culturales incorporados a todos los miembros de una clase de sistemas representativos de una determinada técnica, constituye el contenido cultural de esa técnica en sentido estricto (cultura técnica incorporada).*

Por ejemplo, actualmente la tecnología del transporte individual mediante automóviles incluye una verdadera “cultura del automóvil” con muchas variantes. Hay sin embargo un contenido cultural mínimo que debe incorporarse a cada uno de los sistemas de transporte individual que se encuentran efectivamente funcionando. En este caso, ese contenido mínimo de cultura tecnológica suele estar fijado por las leyes y reglamentos del tráfico y es objeto de enseñanza especializada y de control mediante exámenes que los conductores de automóviles deben superar para obtener el permiso de conducción.

Obviamente, la técnica de conducir automóviles no es idéntica a la técnica que se utiliza para construirlos. El automóvil que sale de la fábrica incorpora muchos elementos culturales en su diseño y en los procesos de fabricación que se han llevado a cabo para producirlo. Algunos de estos elementos serán transparentes para el usuario, pero otros no. Para que el sistema funcione adecuadamente, el repertorio cultural de los usuarios del automóvil tendrá que incluir al menos una parte de los contenidos incorporados por el diseñador y el fabricante, pero no necesariamente todos ellos ni solamente ellos. Los miembros de una sociedad pueden usar automóviles aunque no sepan fabricarlos. E incluso pueden constituir con ellos sistemas técnicos con propiedades diferentes de las previstas por su diseñador. Por ejemplo, en un país pobre, un automóvil de turismo viejo, pero de gran potencia, puede utilizarse como camioneta de carga en vez de enviarlo al desguace.

Naturalmente no todos los contenidos culturales son igualmente incorporables a cualquier sistema técnico, ni un mismo sistema técnico funciona igual en diferentes contextos culturales. Por ejemplo, cuando empezaron a difundirse las primeras lavadoras automáticas de uso doméstico, algunos usuarios tardaron en comprender la función del programador incorporado en las nuevas máquinas, y

en vez de utilizarlo para seleccionar un programa preestablecido, tendían a usarlo como un sistema para dar manualmente sucesivas instrucciones a la máquina, a lo largo del proceso de lavado, de manera que en la práctica suprimían el carácter automático de las nuevas máquinas y reducían considerablemente sus prestaciones. El nuevo sistema necesitaba una cultura diferente por parte del usuario, una cultura en la que se incorporara la noción de *programa*, y otras relacionadas con ella, en el contexto de la tecnología doméstica.

Hay otros muchos fenómenos observables en los procesos de cambio técnico y de transferencia de tecnologías que ponen de manifiesto la importancia de los contenidos culturales *incorporados* a los sistemas técnicos. Por ejemplo, se puede constatar en la historia de la técnica que prácticamente todas las innovaciones, por radicales que sean, se perciben al principio como variantes de sistemas técnicos preexistentes: las primeras máquinas de vapor se concebían como sustitutos de las ruedas hidráulicas o de las norias que se usaban para extraer el agua de las minas, los primeros automóviles se hicieron intentando empotrar los nuevos motores en la estructura de un carro de caballos, y los primeros ordenadores que se instalaron en las oficinas eran percibidos como un sustituto de las tradicionales máquinas de escribir, no como un poderoso instrumento de ayuda en todas las tareas de gestión, como se tiende a considerarlos ahora.<sup>9</sup>

Son conocidos también los problemas encontrados en la transferencia de tecnologías avanzadas a países en vías de desarrollo. La mayoría de estos problemas derivan del *desfase cultural* entre el contexto en el que se desarrolló originariamente la tecnología y el nuevo contexto al que se transfiere. Este desfase puede afectar no sólo al nivel de conocimientos técnicos y de las habilidades de los usuarios, operarios y gestores del nuevo sistema, sino incluso a las preferencias y valoraciones respecto a los objetivos del sistema. Véase informe ICPS (1992) para la UNESCO.

Esta noción de cultura tecnológica incorporada puede utilizarse para dar un contenido preciso a la idea de *flexibilidad interpretativa de los artefactos* que utiliza Bijker (1994) para explicar los procesos de configuración social de las tecnologías. Por ejemplo, los primeros modelos de bicicletas, según explica Bijker, eran interpretados como un instrumento para pasear plácidamente por algunos grupos de usuarios (las mujeres entre otros) y como un artefacto deportivo y competitivo por otros. Las diferentes interpretaciones dan lugar también a valoraciones diferentes de las alternativas tecnológicas disponibles (los diversos modelos de bicicleta) y, finalmente, la *estabilización* de un determinado modelo se consigue cuando uno de los grupos sociales implicados logra imponer su interpretación (generalmente después de haberla modificado para permitir la *inclusión* de otros grupos en un único *marco tecnológico*). Es obvio que la noción de

<sup>9</sup> En la actualidad, los denodados esfuerzos por encajar la tecnología Internet en los esquemas culturales de los medios tradicionales de información (televisión, multimedia) y comunicación (telefonía personal y empresarial) nos ofrecen una buena muestra de esta deriva "procustiana" de la cultura tecnológica.

cultura tecnológica incorporada tiene mucho que ver con la “flexibilidad interpretativa de los artefactos”. Sin embargo, deben tenerse en cuenta las siguientes diferencias y matices.

En primer lugar, lo que Bijker llama metafóricamente *interpretación* de un artefacto es en realidad, de acuerdo con nuestra teoría, una parte del *contenido cultural incorporado* a cada sistema técnico, a través de la cultura de sus usuarios u operadores. Este contenido cultural se puede analizar en sus tres componentes principales: *conocimientos o representaciones* del artefacto y de su contexto, *habilidades y reglas* de operación, y *preferencias o valoraciones* respecto a los objetivos y resultados del sistema. A partir de aquí, se puede definir de forma precisa el *contenido cultural incorporado a una clase de sistemas técnicos* (un modelo de bicicleta, por ejemplo) como el conjunto de contenidos culturales *compartidos* por todos los miembros de esa clase. En el modelo de Bijker, esto equivaldría a algo así como un *núcleo común* a todas las interpretaciones compatibles con el mismo artefacto, que habría que definir.

Una consecuencia de lo anterior es que el conjunto de los contenidos culturales (interpretaciones, en la terminología de Bijker) que se pueden incorporar a un sistema técnico no es ilimitado: *existen restricciones impuestas por la propia estructura del sistema*. Es decir, aunque todos los artefactos admiten diferentes interpretaciones, no todas las interpretaciones lógicamente posibles son técnicamente compatibles con cualquier artefacto: una bicicleta se puede ver como un instrumento de paseo o de competición, pero no sería técnicamente viable una interpretación que viera en ella un instrumento para freír patatas, para escribir cartas o para asar manzanas. La razón de estas limitaciones no puede estar de nuevo en las condiciones sociales y culturales que contribuyen a configurar una tecnología, sino en la estructura interna del sistema técnico.

Por otra parte, la teoría de Bijker no deja lugar para analizar el diferente papel que en el desarrollo tecnológico desempeñan las *interpretaciones* que se incorporan a los sistemas técnicos y aquellas otras que permanecen fuera de ellos, pero que pueden tener una gran incidencia en su desarrollo y en su configuración social. Por ejemplo, la interpretación de las técnicas de control de la natalidad como “instrumentos del diablo” puede impedir su difusión (sin que para ello se tenga que convertir en una “alternativa tecnológica”), mientras que la extensión de la conciencia ecológica puede conducir a importantes innovaciones técnicas para sustituir los gases contaminantes de algunas industrias por otros más inocuos.

### 3.2 Cultura técnica en sentido lato

En efecto, cabe hablar también de *contenidos técnico-culturales de la cultura de un grupo social no incorporados a ningún sistema técnico*. Los sistemas técnicos se desenvuelven en un contexto social más amplio, con el que interactúan de diferentes formas. En el contexto social de un sistema técnico puede haber individuos, que pueden o no ser agentes o usuarios del sistema, pero cuya cultura incluye representaciones, reglas y valoraciones de esos sistemas técnicos. Por ejem-

plo pueden disponer de conocimientos científicos potencialmente aplicables al diseño y realización de sistemas técnicos, pueden tener una filosofía determinista de la técnica, o una concepción lineal y teleológica del desarrollo tecnológico, o pueden mantener una ideología antitecnológica o, por el contrario, tecnocrática; pueden tener ideas religiosas o morales acerca del valor de determinados objetivos técnicos (la fecundación in vitro, las centrales termoeléctricas, nucleares, etc.) o reglas de actuación que les prohíben usar determinadas técnicas (control de la natalidad, transfusión de sangre, por ejemplo) o representaciones ideológicas de algunas técnicas como elementos perversos o beneficiosos para la sociedad (por ejemplo, las distintas representaciones de los efectos de las innovaciones tecnológicas sobre el empleo, o del papel de las tecnologías de la comunicación en la organización democrática de la sociedad, etc.). En fin, pueden simplemente tener intereses o caprichos (valores económicos, políticos, estéticos, religiosos, etc.) a favor o en contra de una técnica o de todas las técnicas. Todos estos rasgos culturales pueden considerarse también parte de la *cultura técnica de un grupo social en sentido lato*, algunos de ellos pueden llegar a formar parte de la cultura técnica incorporada a alguna clase de sistemas técnicos, pero otros pueden ser parte importante de la cultura técnica aunque nunca formen parte del contenido cultural de ningún sistema técnico propiamente dicho.

Las fronteras entre la cultura técnica incorporada y no incorporada no son fijas. El desarrollo y la difusión de las tecnologías tienen un doble efecto: por una parte, amplían el espectro de contenidos culturales que se incorporan a los sistemas técnicos; por otra, suscitan la aparición de nuevos rasgos técnico-culturales en sentido lato. Un ejemplo celebrado del primer tipo es la incorporación de algunos rasgos culturales de la sociedad japonesa a la organización de los procesos de producción en la industria del automóvil. Un ejemplo del segundo tipo es la extensión al público en general de las controversias tecnológicas acerca de la idoneidad, el riesgo, el impacto ambiental o las consecuencias sociales de determinados sistemas o proyectos tecnológicos.

Existen límites objetivos en estos procesos de trasvase cultural. Hay rasgos culturales que no son compatibles con el funcionamiento de determinados sistemas técnicos: un testigo de Jehová no puede ser, por el momento, un cirujano eficiente; un operario analfabeto no puede manejar un sistema de control complicado, de la misma forma que un ciego, con la tecnología actualmente disponible, no puede conducir un automóvil. Y hay sistemas técnicos que no pueden difundirse en una sociedad en la que predominan determinados rasgos culturales: una elevada valoración de la organización jerárquica puede hacer inviable la introducción de nuevas técnicas de producción que dejan en manos del operario una buena parte de la gestión del sistema, los ingenieros de una factoría industrial no se pueden sustituir por chamanes de una tribu.

Uno de los grandes problemas a los que se enfrenta la reflexión sobre la historia de la técnica es precisamente comprender cómo los rasgos culturales característicos de diferentes sociedades se relacionan con las diferentes líneas de desarrollo tecnológico. Un caso especialmente llamativo es el de la distinta suerte que tuvieron en China y en Occidente algunos inventos muy significativos (la pólvora

ra, la imprenta) cuyas potencialidades tecnológicas nunca se desarrollaron plenamente en la cultura que les dio origen. Otro caso llamativo, aunque en sentido contrario, es el del desarrollo de la tecnología de las armas de fuego en Japón: primero fueron aceptadas (siglo XVI) y llegó a desarrollarse una industria significativa; posteriormente fueron relegadas, para preservar las armas y las técnicas militares propias de la cultura tradicional japonesa (siglo XVII); finalmente, fueron de nuevo incorporadas tras la apertura del Japón al exterior (1876) hasta desarrollar una potente industria militar que convirtió rápidamente a Japón en una potencia moderna en el primer tercio del siglo XX (Basalla, 1988).

Ante estos casos debemos preguntarnos cuál es realmente el papel de los elementos culturales en el desarrollo y difusión de las tecnologías. La cultura china hizo posible la invención de la pólvora y de la imprenta, pero no facilitó que estos inventos se desarrollaran y se difundieran como lo hicieron en Occidente. La cultura japonesa tradicional fue un obstáculo (a través de una decisión política) para la difusión de la tecnología de las armas de fuego occidentales; pero, tras otra decisión política, permitió posteriormente su rápida incorporación y su desarrollo. ¿Que factores culturales jugaron en cada caso y cómo jugaron?

Una forma de contestar a estos interrogantes consiste en analizar con más detenimiento los mecanismos de trasvase de contenidos culturales desde los sistemas técnicos a los sistemas sociales, y a la inversa.

#### 4. LA DINÁMICA DE LA CULTURA TÉCNICA

La cultura técnica de una sociedad en un momento dado se caracteriza por:

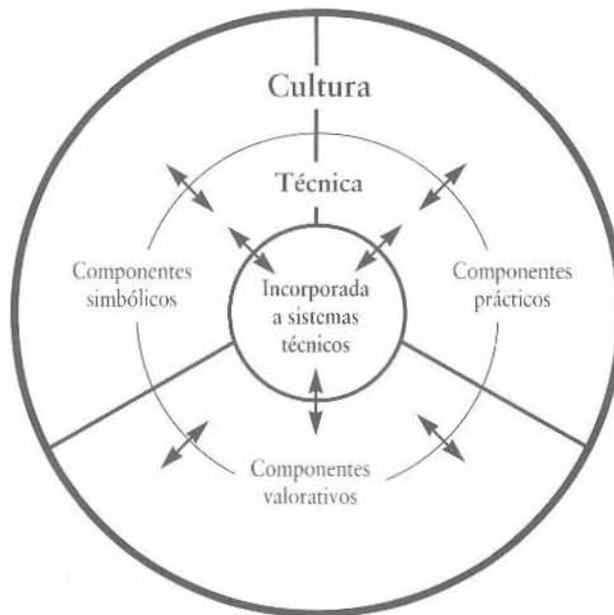
1. La *cultura técnica incorporada* a los sistemas técnicos de que dispone esa sociedad. Esto incluye:
  - a) *Componentes cognitivos*, representacionales o simbólicos: conocimientos técnicos y científicos aplicados.
  - b) *Componentes prácticos u operacionales*: reglas de operación, habilidades técnicas de diseño, producción y uso de artefactos.
  - c) *Componentes valorativos*: objetivos incorporados a los sistemas técnicos y valoración de sus resultados, actitudes ante el riesgo, la incertidumbre, el cambio social necesario asociado a los diferentes sistemas técnicos, etc.
2. La *cultura técnica no incorporada* a sistemas técnicos, aunque referida a ellos o relevante para su producción, uso, etc. Esto incluye:
  - a) *Conocimientos básicos (científicos)*, en el caso de la cultura tecnológica, no incorporados a sistemas técnicos, pero con potenciales aplicaciones técnicas. *Representaciones simbólicas* de la realidad, especialmente de los sistemas técnicos y sus relaciones con la sociedad. *Mitos tecnológicos* (o antitecnológicos, etc.).

- b) Reglas de actuación de carácter social, moral, religioso, político, económico, etc., que pueden ser significativas para el comportamiento relativo al uso y desarrollo de sistemas técnicos.
- c) Valores y preferencias significativas para el uso y desarrollo de sistemas técnicos. Por ejemplo, la valoración de la vida puede tener incidencia en el desarrollo de las técnicas médicas, la preferencia por la estabilidad frente al cambio puede impedir las innovaciones tecnológicas, etc.

La cultura técnica cambia y evoluciona como el resto de la cultura: casi continuamente los individuos están creando y ensayando nuevos rasgos culturales, algunos de los cuales tienen éxito, se consolidan, se enseñan a otros miembros de la sociedad y son aprendidos (y posiblemente modificados) por éstos, etc. Lo específico de la dinámica de la cultura técnica es la importancia que en ella tiene el trasvase de contenidos culturales entre los sistemas técnicos y el resto de la cultura.

Por ejemplo, muchos mitos ancestrales de la cultura occidental son el resultado de una transferencia de elementos culturales que se originan con el desarrollo de los sistemas técnicos y se generalizan al resto de la cultura en forma de mitos. El más significativo de éstos es el mito de Prometeo, (castigado por haber entregado el fuego a los humanos, y con él las artes y las técnicas industriales). Entre los mitos tecnológicos de la cultura moderna, uno de los más significativos es el

Ilustración 1: Componentes de la cultura técnica



de *Frankenstein*, muy ligado al desarrollo de las técnicas biomédicas y al descubrimiento de las propiedades y fenómenos electromagnéticos.

Es conocida también la influencia de la *experiencia técnica artesanal* en el nacimiento de la ciencia moderna (Bacon, Galileo, etc.), en las representaciones filosóficas de la cultura moderna: el hombre máquina de los cartesianos, por ejemplo.

La influencia de las *tecnologías más avanzadas* en la cultura actual es también fácil de percibir: la sociedad postindustrial, la sociedad de la información, del conocimiento, son representaciones de la realidad social inspiradas en las tecnologías de la comunicación y de la información (Mazlish, 1993).

La influencia de algunas *pautas de comportamiento* ligadas al funcionamiento de determinados sistemas técnicos sobre el resto de la sociedad también es bien conocida. La más notable es seguramente la influencia que el reloj mecánico tuvo sobre la organización de la vida de toda la sociedad occidental a partir de finales de la Edad Media (Mumford, 1934; Pacey, 1974). La idea de un tiempo uniforme y constante y de intervalos invariablemente iguales sólo se pudo extender a partir de la disponibilidad de relojes mecánicos con un nivel suficiente de precisión y fiabilidad. Hasta el siglo XIV la vida social había podido funcionar con sistemas de medición del tiempo bastante imprecisos y dependientes de la duración variable el día y la noche, según la época del año. Podemos hacernos una idea de la magnitud del cambio cultural que esto ha supuesto si nos paramos a pensar cómo podría vivir una sociedad moderna actual si de repente dejaran de funcionar todos los relojes. El famoso *efecto 2000* de los ordenadores (la alteración de los calendarios internos de muchos grandes equipos informáticos que pasarían a contar el año 0, cuando llegara el año 2000) y los quebraderos de cabeza que dio durante meses, es un pálido reflejo de lo que podría ser nuestro mundo si dejara de funcionar la *cultura del tiempo uniforme* que se consagró con el uso de los primeros relojes mecánicos medievales.

Hay también *valores* de origen tecnológico que se han generalizado al resto de la cultura. Los ilustrados del siglo XVIII prácticamente hacían equivalentes las nociones de progreso técnico y de felicidad y progreso moral. Todavía hoy identificamos el bienestar como objetivo vital con el confort y la disponibilidad de artefactos tecnológicos eficaces y fiables. Pero esto requiere una atención especial. En la cultura tecnológica occidental hay dos valores que desempeñan un papel central. Se trata de los valores de *eficiencia e innovación*. En mi opinión se trata de valores estrictamente técnicos cuya generalización al resto de la cultura ha contribuido a configurar el núcleo de lo que hoy se considera la cultura moderna occidental (Quintanilla, 1996(93)) y son inseparables de la noción de progreso tecnológico, como veremos en el capítulo 2.

## 5. FACTORES CULTURALES DEL CAMBIO TÉCNICO

A pesar de lo mucho que se ha avanzado en el conocimiento de los procesos de cambio técnico, estamos lejos todavía de disponer de una teoría comprensiva

y suficientemente apoyada en datos empíricos. Pero el estudio de las dimensiones sociales de la tecnología nos permite hoy entender que los procesos de cambio técnico tienen una complejidad mucho mayor de la que se presupone.

Retomando los tres enfoques en el estudio de la tecnología que resumíamos en la Tabla 1, podemos ver que cada uno de ellos pone el énfasis en una de las dimensiones posibles del cambio técnico: los procesos de invención, los de difusión y los de innovación social. En realidad, una teoría integral del cambio técnico debe tener en cuenta las tres dimensiones y su objetivo debe ser articular el conjunto de factores que intervienen en ese complejo proceso.

La Tabla 3 ofrece algunos ejemplos de la incidencia de los diferentes factores en las tres dimensiones del cambio técnico. Los factores culturales se han distribuido en tres grupos, según los tres componentes principales (cognitivo, práctico y valorativo) de la cultura técnica.

Desde luego no existe un conjunto de condiciones sociales que garantice una elevada producción de invenciones técnicas viables. Pero sí se puede establecer que algunos factores culturales facilitan y otros dificultan la *aparición de nuevas ideas prácticas, útiles y eficientes*. Una sociedad con un elevado nivel de formación científica y técnica tendrá más posibilidades de diseñar nuevas aplicaciones técnicas del conocimiento disponible y de utilizar sus recursos cognitivos para resolver de forma innovadora problemas prácticos. Naturalmente esto no es sufi-

Tabla 3: Factores del cambio técnico

	Factores Culturales			Factores Sociales e Institucionales	Factores Económicos
	Cognitivos	Prácticos	Valores		
<b>Inventiones</b>	Formación científica y técnica	<i>Know how</i> Prácticas eficientes	Eficacia Eficiencia Innovación	Instituciones y políticas de I+D Patentes	Financiación de proyectos de I+D
<b>Difusión de innovaciones</b>	Nivel y capacidad de comunicación y de acceso a la información	Hábitos de producción y consumo	Evaluación de riesgos y de impacto ambiental	Centros tecnológicos Sistemas de homologación	Apoyo a la innovación en las empresas
<b>Cambios sociales</b>	Autorepresentación de la sociedad  Mitos tecnológicos	Costumbres formas de vida	Evaluación de consecuencias sociales del desarrollo tecnológico	Políticas de formación Instituciones de evaluación de tecnologías	Políticas industriales, financieras, etc.

ciente, pero mejora la situación si además se dispone de un buen repertorio de prácticas técnicas y predominan en esa sociedad pautas de comportamiento y valores guiados por los principios de eficacia y eficiencia, y además se trata de una cultura abierta a la novedad y en la que se valora la creatividad. En cualquier época histórica y ambiente social, en los que se pueda localizar una elevada concentración de novedades técnicas, casi siempre encontraremos también una fuerte presencia de todos estos componentes culturales.

Los procesos de *innovación y difusión de las innovaciones* están más directamente condicionados por factores económicos y sociales que por los estrictamente culturales. Pero éstos también desempeñan un papel importante. En primer lugar, la velocidad y la intensidad de la difusión de las novedades tecnológicas depende en buena medida del acceso a la información por parte de los agentes involucrados en el cambio técnico, usuarios, tecnólogos, empresarios, etc. En una sociedad cerrada, con una cultura técnica basada en el secreto industrial, será más difícil la difusión de las innovaciones que en una sociedad en la que la información técnica pueda circular ampliamente:<sup>10</sup> la mayor parte de las innovaciones técnicas surgen de la imitación y adaptación de otras innovaciones. En segundo lugar algunas actitudes y pautas de comportamiento en relación con la producción y la distribución de bienes tecnológicos pueden también condicionar la difusión de innovaciones tecnológicas. Por ejemplo, la desconfianza hacia los productos industriales nacionales (o por el contrario, hacia los extranjeros) puede dificultar o facilitar la difusión de innovaciones de uno u otro origen. Y, por último, la influencia de determinados valores en relación con la seguridad, el riesgo, la alteración del medio ambiente, etc. pueden ser poderosos baluartes de resistencia ante determinadas innovaciones técnicas o, por el contrario, actuar como motores del cambio técnico. De hecho, uno de los fenómenos más característicos de la cultura tecnológica actual en los países más desarrollados consiste en la generalización de los debates públicos sobre la conveniencia o no de determinados proyectos tecnológicos que son percibidos como amenazas a la seguridad, la salud, el medio ambiente, etc.

En nuestro modelo, el *cambio social e institucional* es una dimensión inherente al cambio técnico. No se trata, desde luego, de volver a introducir el determinismo tecnológico, sino de reconocer, siguiendo el modelo de Pérez (1983) y Freeman y Pérez (1988), que el desarrollo tecnológico es inseparable del cambio social e institucional. Pues bien, también a este nivel hay una incidencia obvia de los factores culturales. En primer lugar la propia idea que una sociedad tiene de sí misma y de la tecnología puede tener una influencia decisiva sobre el cambio técnico. Por ejemplo, una sociedad que se concibe a sí misma como algo fijo e in-

<sup>10</sup> Una facilidad excesiva para la circulación de la información puede poner en peligro otros aspectos del proceso de cambio técnico, como la propia motivación de las empresas para financiar desarrollos tecnológicos originales. El sistema de patentes, a pesar de sus limitaciones es, en principio, un buen instrumento para garantizar al mismo tiempo la circulación de información tecnológica y el interés económico por la innovación.

mutable no tendrá el mismo éxito para adoptar los cambios que acompañan al desarrollo tecnológico que otra que se considera abierta y mutable. Por otra parte, también sería útil analizar hasta qué punto los mitos tecnofóbicos de nuestra época (la “hipermáquina”, la rebelión de las máquinas pensantes, etc.) condicionan las transformaciones sociales contemporáneas. Las costumbres, modas y formas de vida también son factores importantes a la hora de explicar determinados movimientos de adaptación y acompañamiento de la sociedad a los cambios tecnológicos. Como se puede constatar siguiendo los pasos de la revolución industrial de los siglos XVIII y XIX, la introducción de nuevas formas de utilizar las herramientas y máquinas en el proceso productivo, de nuevas relaciones laborales o de nuevas formas de gestión, no se produce igualmente en sociedades agrarias que en sociedades industriales. Y por último, un cúmulo de valores morales, religiosos, políticos, etc., que afectan a los mecanismos de generación de consenso en torno a los grandes proyectos a largo plazo de una sociedad, pueden tener repercusiones importantes en los procesos de innovación social y tecnológica a todos los niveles. Los debates sobre la tecnología militar durante los años de la guerra fría, o los actuales debates sobre las repercusiones a largo plazo de la ingeniería genética pueden ser importantes para la orientación del desarrollo tecnológico y la transformación de la sociedad.

Desde luego, junto a este amplio repertorio de factores culturales, no debe olvidarse, por una parte, la incidencia de los factores económicos y sociales y, por otra, la importancia de las propias trayectorias tecnológicas previas. Los cambios técnicos en un momento dado no son independientes de los que se han producido en momentos anteriores: por mucho espíritu innovador y creativo que haya en la cultura de una sociedad, pocas innovaciones tecnológicas podrán llevarse a cabo si el equipamiento tecnológico previamente acumulado es nulo o despreciable. Los procesos de innovación tienen una fuerte inercia o *impulso* en terminología de Hughes (1987): en una sociedad con fuerte tradición innovadora, la tendencia a introducir innovaciones tecnológicas continuará mucho tiempo después de que hayan desaparecido las condiciones culturales, económicas y sociales que contribuyeron a dar los primeros pasos en la senda de la innovación. Y, al contrario, una sociedad sin tradición de innovación tecnológica, tardará años y requerirá grandes esfuerzos hasta que consiga despegar en el camino de la innovación tecnológica.

## 6. CONCLUSIONES

Se ha escrito mucho sobre técnica y cultura y existe un convencimiento, muy extendido, de que los factores culturales (o la dimensión cultural de la técnica) son decisivos para entender los fenómenos de desarrollo tecnológico. Sin embargo, no existe una teoría precisa y consistente de la cultura técnica que sea ampliamente compartida. Esta carencia se debe a la parcialidad de los enfoques teóricos sobre la técnica, especialmente en el campo de la filosofía y de las ciencias sociales. La consideración de la técnica como una forma de conocimiento (cono-

cimiento práctico, ciencia aplicada, etc.) facilita la identificación de la técnica con la cultura, pero dificulta la percepción de las complejas dimensiones de la cultura técnica. Por otra parte, la concepción de la técnica como “artefactos socialmente construidos” sí permite reivindicar un papel importante para los factores culturales en el desarrollo técnico, pero al precio de reducir prácticamente todos los aspectos relevantes del cambio técnico a fenómenos sociales.

El marco conceptual que hemos propuesto se apoya en una noción rigurosa de sistema técnico y, en el concepto científico de cultura, aporta, como novedad, la distinción entre cultura tecnológica en sentido estricto y en sentido lato. En sentido estricto la cultura tecnológica de un grupo social está formada por el conjunto de elementos culturales *incorporados* a los sistemas técnicos de que dispone ese grupo. Pero existen otros elementos *no incorporados* que también pueden formar parte de la cultura técnica de ese grupo. El trasvase de elementos culturales de ambos tipos y sus relaciones con el resto de la cultura constituyen uno de los mecanismos básicos para entender cómo los factores culturales influyen en el desarrollo de la técnica.

## BIBLIOGRAFÍA

- Basalla, G. 1988 (1991): *The Evolution of Technology*. Oxford University Press. Oxford [(1991): *La evolución de la tecnología*. Crítica. Barcelona].
- Bijker, W., T.P. Hughes y T. Pinch (eds.). (1987): *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology*. Cambridge (MA). MIT Press.
- Bijker, Wiebe, (1994): *Of Bicycles, Bakelites and Bulbs. Steps Toward a Theory of Sociotechnical Change*. Cambridge (MA). MIT Press.
- Broncano, F. (1997): "Técnica y valores. El imperativo moral del ingeniero". *Sociedad y Utopía. Revista de Ciencias Sociales*, 9 (Mayo, 1997), pp. 255-275.
- Bunge, M. (1967): "Technology as Applied Science", *Technology and Culture*, 7, pp. 329-347.
- Bunge, M. (1985): *Treatise on Basic Philosophy, vol 7*. Dordrecht. Reidel.
- Callon, M. (1986): "The Sociology of an Actor-Network: The Case of the Electric Vehicle". En: M. Callon, J. Law y A. Rip (eds.). *Mapping the Dynamics of Science and Technology: Sociology of Science in the Real World*. Basingstoke. Macmillan.
- Dosi, G. et al. (Eds) (1988): *Technical Change and Economic Theory*. London. Pinter.
- Freeman C. y Pérez C. (1988): "Structural crises of adjustment: business cycles and investment behaviour". En G. Dosi et al. (Eds): *Technical Change and Economic Theory*. London. Pinter. Pp. 38-66.
- Galbraith, J. K. (1967): *El nuevo estado industrial*. Barcelona. Ariel.
- Hughes, Thomas P. (1983): *Networks of Power: Electrification in Western Society, 1880-1930*. Baltimore. John Hopkins University Press.
- Hughes, Thomas P. (1987): "The Evolution of Large Technological Systems". En: Bijker, W., 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.

- ICPS (International Council for Science Policy Studies) (1992): *Science and Technology in Developing Countries for the 90s. A Report to UNESCO*, Paris.
- Latour, B. (1987): *Science in Action*. Cambridge. Harvard University Press. (Traducción al castellano: 1992. *Ciencia en acción*. Barcelona. Labor.)
- Mazlish, B. (1993): *The Fourth Discontinuity. The Co-evolution of Humans and Machines*. Yale. Yale University Press.
- Mitcham, C. (1994): *Thinking through Technology. The Path between Engineering and Philosophy*. London & Chicago. University of Chicago Press.
- Mosterín, J. (1993): *Filosofía de la cultura*. Alianza. Madrid.
- Mumford, L. (1934): *Technics and Civilization*. Harcourt. New York. [Técnica y Civilización. Alianza. Madrid].
- Ortega y Gasset, J. (1939): *Meditación de la técnica*. Revista de Occidente. Madrid.
- Pacey, A. 1974 (1980): *The Mace of Ingenuity. Ideas and Idealism in the Development of Technology*. Oxford University Press, Oxford. [(1980): *El laberinto del ingenio. Ideas e idealismo en el desarrollo de la tecnología*. Gustavo Gili. Barcelona]
- Pacey, A. 1983 (1990): *The Culture of Technology*. Basil Blackwell. Oxford. [1990: *La cultura de la tecnología*. FCE. México]
- Pérez, C. (1983): "Structural change and the assimilation of new technologies in the economic and social system". *Futures*. Vol. 15, nº 5, pp. 357-375.
- Quintanilla, M.Á. (1989): *Tecnología: Un enfoque filosófico*. FUNDESCO. Madrid.
- Quintanilla, M.Á. (1991): "El conocimiento operacional y el progreso técnico". Ponencia en el Congreso Nacional de Filosofía. Jalapa. México, 1991. Manuscrito. Quintanilla, M.A.
- Quintanilla, M.Á. (1993-94): *Seis conferencias sobre filosofía de la tecnología*. En *Plural*, Vol. 11-12. San Juan de Puerto Rico.
- Quintanilla, M.Á. 1996 (1993): "The Incompleteness of Technics". En: Munévar, G. (ed.) 1996: *Spanish Studies in the Philosophy of Science*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht. [1993: Ponencia presentada en el World Congress of Philosophy, Moscú]
- Quintanilla M.Á., Bravo, A. (1998): *Cultura tecnológica e innovación. Informe para COTEC*. Manuscrito. Madrid: Fundación COTEC.
- Rosenberg, N. (1982): *Inside the Black Box: Technology and Economics*. New York. Cambridge University Press.
- COTEC (1998): *Informe sobre la Innovación Tecnológica en España*. Madrid. Fundación COTEC.

## CAPÍTULO II

# El concepto de progreso tecnológico y la incompletud de la técnica<sup>1</sup>

*Miguel Á. Quintanilla*

Hay en principio dos posibles enfoques sobre la tecnología que, para simplificar, llamaremos enfoque optimista y enfoque pesimista, o mejor aún, tecnofílico y tecnofóbico. Según el enfoque tecnofílico, el progreso tecnológico contribuye al bienestar y, por lo tanto, a la felicidad de los individuos humanos. Además es el producto casi espontáneo del progreso científico y de la libre iniciativa humana. Así que, tanto por sus títulos de origen como por sus méritos propios, la tecnología merece respeto y apoyo, y el progreso tecnológico debe ser considerado como una bendición para la humanidad. Desde el punto de vista tecnofóbico, el progreso de la tecnología se considera también un hecho evidente, pero su valoración difiere: la tecnología crea necesidades superfluas y genera más inconvenientes, riesgos y destrucción que satisfacciones y beneficios; además, el desarrollo tecnológico no se debe a la libre iniciativa humana, por el contrario sigue unas pautas propias, acordes quizás con la lógica interna del sistema económico,

<sup>1</sup> Este capítulo es el resultado de la fusión y reelaboración de varios textos anteriores, en especial Quintanilla (1995 y 1997) y Quintanilla y Lawler (2000).

pero ajenas por completo a los deseos de los individuos. Por consiguiente, la tecnología es por principio objeto de desconfianza y de sospecha y el progreso tecnológico debería, si no evitarse, porque no es posible, al menos limitarse al mínimo imprescindible.

Seguramente en la vida real no hay ningún tecnófilo o tecnófobo completo. El más optimista tecnócrata es consciente de los riesgos de un desarrollo tecnológico incontrolado y el más pesimista antitecnócrata seguramente acepta en la vida práctica, de buen grado, más productos del desarrollo tecnológico de los que su credo le permite. En todo caso estos dos enfoques extremos nos recuerdan situaciones parecidas en otros campos de la filosofía, en especial la contraposición entre el dogmatismo extremo o el escepticismo radical en epistemología, o entre el fundamentalismo y el nihilismo en ética, y nos recuerdan también la máxima de que probablemente la verdad, lo mismo que la virtud, no se encuentra nunca en los extremos.

Una buena estrategia intelectual para encontrar el punto medio entre dos visiones extremas de una misma realidad, es indagar si no habrá algún supuesto implícito, compartido por ambas perspectivas, y tal que, si prescindimos de él, el resto de los presupuestos en que se basa cada una de ellas carecen de justificación. En epistemología, por ejemplo, tanto el dogmático como el escéptico radical comparten al menos un prejuicio común: ambos piensan que el verdadero conocimiento, digno de tal nombre, debe ir acompañado de la certeza. Lo que los diferencia, a partir de este supuesto común, es una cuestión de hecho: el dogmático se siente seguro de algunas verdades fundamentales y eso le da confianza para creer en otras muchas más, mientras el escéptico se encuentra con que ningún conocimiento es seguro y, a partir de ahí, concluye que ninguno es valioso. Sólo negando ese supuesto común –la identificación de la verdad con la certeza– podemos romper el hechizo de los dos extremos y reivindicar, con el racionalismo crítico de Popper, el conocimiento de las ciencias empíricas, que es al mismo tiempo parcial y provisional, pero objetivo y valioso (Popper, 1963).

Pues bien, las dos perspectivas extremas sobre la técnica comparten también un supuesto común: la creencia de que existe un determinismo tecnológico<sup>2</sup>, una lógica interna en el desarrollo de la tecnología actual cuya última finalidad es la completa tecnificación de la realidad. Las formulaciones más explícitas de este supuesto las encontramos en autores pesimistas, como Mumford (1934, 1977) o Heidegger (1977); pero en buena medida es compartido también por los tecnócratas más optimistas. La diferencia entre unos y otros es que mientras los optimistas esperan que la tecnificación completa resuelva todos los problemas y necesidades de la humanidad, los pesimistas temen que el desarrollo completo de la civilización tecnificada hará que los propios deseos y necesidades humanas se supediten a las exigencias de la racionalidad tecnológica.

<sup>2</sup> En el capítulo siguiente abordamos de forma específica el tema del determinismo tecnológico.

Sin embargo, el progreso tecnológico, aunque real, es inevitablemente incompleto y no es teleológico ni determinista, sino acumulativo y contingente, de forma que el verdadero precio que debemos pagar por el progreso no es otro que el de hacernos responsables de su mantenimiento y de su orientación. Para defender estas tesis partiremos de un análisis del paralelismo que existe entre los problemas involucrados en la noción de progreso tecnológico y los que encontramos en el análisis del progreso científico a través de nociones como la de verosimilitud o aproximación a la verdad de las teorías científicas.

## TEORÍAS DEL PROGRESO CIENTÍFICO

Las discusiones sobre el concepto de verosimilitud de las teorías científicas, que se iniciaron en los años setenta, no han llegado a conclusiones definitivas, pero han contribuido positivamente a mejorar nuestra comprensión del cambio científico y a revisar nuestras ideas sobre el progreso de la ciencia. Considero especialmente significativa la aportación de Niiniluoto para definir lo que podemos llamar el núcleo de la visión estándar actual del progreso científico que puede resumirse en las siguientes tesis:

- 1) El objetivo de la ciencia es el aumento del conocimiento científico.
- 2) El conocimiento científico se caracteriza por una doble dimensión: su contenido informativo y su valor de verdad.
- 3) Cualquier función de verosimilitud o de " semejanza a la verdad " que definamos para caracterizar el progreso científico (aumento del conocimiento) debe tener en cuenta ambas dimensiones (aumento del contenido informativo y del valor veritativo).

A partir de esta base común, se pueden definir muy diferentes teorías del progreso científico. Las diferencias afectan, sobre todo, a la interpretación epistémica u objetiva del concepto de verdad y de verosimilitud, a la concepción realista o instrumentalista de las teorías científicas, y al carácter local o global del progreso científico.

La teoría de Niiniluoto (1984) es una teoría objetiva, realista y local del progreso científico. La propuesta de Quintanilla (1982) tiene una orientación metodológica o epistémica, pero es compatible con una interpretación realista del concepto de verdad y con una concepción global del progreso de la ciencia. Las mismas características tiene la teoría de Zamora Bonilla (1996), que además va acompañada de una formalización del concepto de verosimilitud, como concepto metodológico, que me parece la más satisfactoria de las que se han propuesto hasta ahora.

Al margen de problemas técnicos, en las discusiones sobre la verosimilitud y el progreso de la ciencia hay una cuestión que no siempre se pone suficientemente de relieve aunque, en mi opinión, es muy significativa. Se trata de la distinción entre dos enfoques posibles del progreso: el enfoque puramente acumulativo y el teleológico.

Un proceso en un sistema se caracteriza por el cambio en el valor de al menos una variable característica, y se considera progresivo si el valor de esa variable varía monótonamente en función del tiempo (Bunge, 1977). Un proceso es teleológicamente progresivo si la función que describe la variación de la variable en función del tiempo tiene un límite. Un proceso es acumulativamente pero no teleológicamente progresivo si la función no tiene un límite definido.

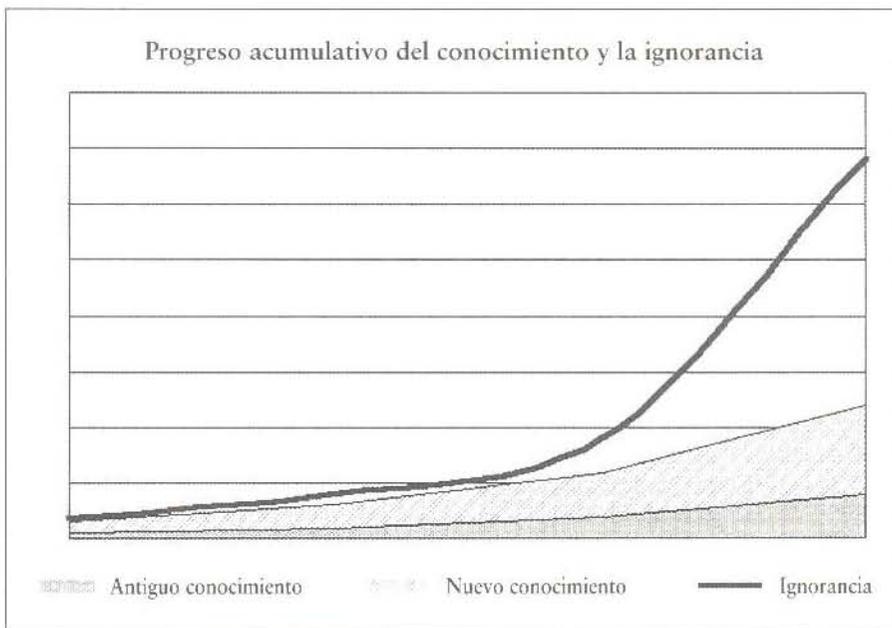
En Quintanilla (1981) sugerí que uno de los problemas que afectan a la mayoría de las formalizaciones propuestas hasta entonces del concepto de verosimilitud es que respondían a una concepción teleológica del progreso científico. La misma interpretación de la "verosimilitud" como *aproximación a la verdad*, y no como  *semejanza a la verdad* (véase Zamora Bonilla, 1996) es un síntoma de esto.

Una forma de apreciar las diferencias entre progreso acumulativo y teleológico es indicar a qué nos comprometemos, en cada caso, cuando afirmamos que una determinada aportación científica significa un progreso. En la práctica de la investigación científica, cuando se valora una nueva teoría como una aportación valiosa, como un verdadero "progreso" de la ciencia, lo que se asume es que gracias a ella conocemos algo más que lo que conocíamos antes o que lo conocemos mejor (con más profundidad, etc.). Al mismo tiempo aceptamos con toda naturalidad que, a partir de esta nueva aportación, surgen nuevos problemas y también nuevas posibilidades de afrontar el estudio y la solución de esos problemas. De manera que todo progreso científico supone al mismo tiempo un incremento de los límites de nuestra ignorancia, como decía Popper. Pero esto no debe escandalizar a nadie: aunque ahora sabemos que ignoramos muchas más cosas de las que antes creíamos ignorar, también sabemos que algunas de las que antes ignorábamos ahora ya las sabemos. Y esto es exactamente el progreso (acumulativo) de nuestro conocimiento. Para poder mantener que nuestro conocimiento es ahora más amplio que antes, no necesitamos en absoluto suponer que, además, lo que ahora sabemos nos acerca un poco más al saber total, a la verdad definitiva y completa. En realidad ni siquiera necesitamos suponer que exista semejante verdad completa (la verdad del "punto de vista del ojo de Dios" característica del realismo metafísico tal como lo define Putnam). Las funciones de verosimilitud, como la de Niiniluoto, sólo tienen límite local (determinado por la complejidad del lenguaje en cada momento), pero no tienen un límite global, ya que globalmente el lenguaje de la ciencia no es fijo ni finito.

Podemos ilustrar nuestra concepción del progreso acumulativo mediante el gráfico adjunto. La línea superior representa el crecimiento de nuestra ignorancia, la zona sombreada más oscura representa el crecimiento del conocimiento y el área gris representa el conjunto de nuestras viejas creencias refutadas por nuestro nuevo conocimiento científico. Los tres conjuntos crecen a diferentes velocidades y sin límite.

¿De qué forma puede esto ayudarnos a comprender mejor la noción de progreso tecnológico?

La noción de progreso tecnológico es algo más compleja que la de progreso científico. Para empezar no está muy claro cuáles son las unidades de cambio tecnológico: qué es exactamente lo que progresa cuando decimos que progresa la



tecnología. En segundo lugar la noción de progreso tecnológico incorpora generalmente no sólo elementos descriptivos sino también valorativos. Por último, no parece fácil definir un criterio o una función del cambio tecnológico que permita dar un significado preciso al concepto de progreso en este campo.

En lo que sigue propondremos algunas ideas que pueden contribuir a mejorar la situación y a configurar el núcleo de una posible teoría estándar del progreso tecnológico, de la que hoy todavía estamos bastante alejados.

## PROBLEMAS EN EL CONCEPTO DE PROGRESO TECNOLÓGICO

Como hemos visto en el capítulo 1, en la filosofía de la tecnología se pueden distinguir tres enfoques fundamentales, según la importancia que en cada uno de ellos se da a uno de los varios referentes posibles del término "tecnología". En efecto, este término se puede referir a conocimientos, artefactos o acciones. En correspondencia podemos hablar de enfoque cognitivo, instrumental y praxiológico o sistémico en filosofía de la tecnología.

Según el enfoque cognitivo, la tecnología es ante todo una forma de conocimiento práctico, con base científica, que nos permite diseñar artefactos eficientes para resolver problemas prácticos. El cambio tecnológico se produce fundamentalmente a través de la investigación científica aplicada y la mejora de los propios conocimientos tecnológicos. En consecuencia, el progreso consiste en el incre-

mento de nuestro conocimiento tecnológico y depende en gran medida del progreso científico.

Según el enfoque que hemos llamado instrumental, la tecnología consiste en un conjunto de artefactos diseñados y producidos intencionalmente por el hombre para cumplir determinados objetivos o satisfacer determinadas necesidades. El cambio tecnológico consiste en el aumento en la cantidad y variedad de artefactos producidos; y el progreso tecnológico se define generalmente en función de la cantidad e importancia de las necesidades o deseos humanos que el equipamiento tecnológico disponible permite satisfacer.

Según el enfoque que llamamos sistémico (o praxiológico, porque concibe los sistemas técnicos como sistemas de acciones), las entidades tecnológicas básicas no son sistemas de conocimientos ni conjuntos de artefactos, sino determinados tipos de sistemas complejos de acciones, formados por los artefactos más sus usuarios u operadores intencionales. Desde esta perspectiva, podemos caracterizar el progreso tecnológico como el aumento de la capacidad de control de la realidad por parte del hombre a través de los sistemas técnicos.

En el último capítulo de Niiniluoto (1984), el autor propone algunas interesantes ideas sobre el concepto de progreso tecnológico, integrando en cierto modo las tres perspectivas posibles en filosofía de la tecnología. En efecto, partiendo de una idea de Skolimowski (1966), Niiniluoto establece la siguiente comparación entre progreso científico y progreso tecnológico:

“El *progreso científico* debe definirse por la contribución que las nuevas teorías hacen al incremento del conocimiento humano: por la cantidad de información que proporcionan y por lo próxima a la verdad que esté esa información. El progreso tecnológico debe definirse por la capacidad de los nuevos instrumentos para desempeñar de forma efectiva la función de uso que se pretende que tengan. Mientras el *progreso científico* se mide por las *utilidades epistémicas* (como la verdad, el contenido informativo, la verosimilitud, el poder explicativo o la simplicidad), el progreso tecnológico se mide por las utilidades tecnológicas (la efectividad relativa a un determinado propósito práctico)” (p. 260)

A continuación Niiniluoto señala que en diferentes ámbitos tecnológicos puede haber diferentes estándares de eficiencia técnica e incluso que distintos grupos de personas pueden dar diferente peso a las distintas utilidades tecnológicas, lo que permitiría explicar la existencia de “tecnologías alternativas” y de fenómenos de inconmensurabilidad *à la* Kuhn en el ámbito de la tecnología.

“Dado un conjunto de utilidades tecnológicas y sus ponderaciones, podemos hablar de forma no ambigua de progreso en el desarrollo de los tractores agrícolas, las locomotoras, los semiconductores, los ordenadores, etc. Sin embargo, cuando dos grupos de personas discrepan acerca de esas utilidades (por ejemplo, a propósito del diferente peso que asignan a efectos colaterales dañinos para el medio ambiente natural o social), sus valoraciones resultan ‘incommensurables’. Así pues, el conflicto entre ‘tecnologías alternativas’ se puede reducir a la existencia de marcos o paradigmas rivales en el sentido de Kuhn” (p. 261)

La propuesta de Niiniluoto es una mezcla de los enfoques que he denominado instrumental y praxiológico: las unidades del cambio tecnológico son los artefactos, pero el criterio de progreso es la efectividad o eficiencia de éstos en relación con la función para la que han sido diseñados. Ocurre sin embargo que los artefactos pueden tener diferentes funciones y que la valoración de éstas depende de los diferentes contextos tecnológicos y de los intereses de diferentes grupos de usuarios. En consecuencia podríamos esperar en todo caso una especie de medida de progreso local o contextual, pero difícilmente una medida de progreso tecnológico global.

Es fácil constatar que nos encontramos aquí en una situación similar, aunque peor, que en el caso del progreso científico. Allí las funciones de verosimilitud eran dependientes del contexto, pero se podían definir de una forma objetiva y general. Sin embargo, en el caso del progreso tecnológico parece que los juicios de valor subjetivos resultan inevitables, de forma que cualquier posible concepto de progreso tecnológico no sólo será dependiente del contexto sino que además estará limitado por intereses de carácter subjetivo y de naturaleza irremediablemente controvertida.

Pues bien, creo que adoptando de forma consistente el punto de vista praxiológico, se puede profundizar en la definición de esas utilidades epistémicas y en el establecimiento de criterios objetivos para su evaluación, de manera que el concepto de progreso tecnológico se pueda utilizar en un sentido objetivo y general, de modo semejante a como se puede utilizar el concepto de verosimilitud en relación con el progreso científico.

## LA ESTRUCTURA DE LOS SISTEMAS TÉCNICOS

La idea intuitiva que subyace a la noción de sistema técnico es la de un artefacto con su usuario y con el material a cuya transformación se aplica el artefacto. Por ejemplo, una máquina de lavar es un artefacto, la ropa sucia, el agua, el jabón y la energía eléctrica son los inputs que se necesitan para que la lavadora funcione, pero se requiere además al menos un agente intencional (el usuario) que ponga en marcha la máquina, introduzca la ropa y el jabón y seleccione el programa ejecutar. El conjunto máquina+usuario es el sistema técnico.

En general, un sistema técnico  $ST = \langle C, A, O \rangle$  se caracteriza por sus componentes  $C$ , el conjunto de procesos e interacciones  $A$  que definen su estructura y los objetivos  $O$  que se pretenden alcanzar con él. Entre los componentes  $C$  del sistema necesariamente debe haber un subconjunto de agentes intencionales (los usuarios u operadores del sistema), que conciben el conjunto  $O$  de objetivos y realicen el subconjunto  $A^* \subseteq A$  de acciones de control o gestión del sistema.

Cada sistema técnico es una entidad concreta individual. Pero se pueden definir relaciones de equivalencia entre sistemas técnicos, en función de los objetivos, los resultados, los componentes o la estructura del sistema. Una clase de equivalencia de sistemas técnicos define extensionalmente una técnica: por ejemplo, el conjunto de todas las máquinas que lavan cinco kilos como máximo de ro-

pa sucia utilizando un motor eléctrico, un programador, agua caliente, detergente poco espumoso, etc. constituiría la extensión del concepto de “técnica del lavado automático de la ropa de casa”.

La distinción entre objetivos y resultados de una técnica es esencial. Podemos definir los objetivos como el conjunto de estados de cosas que se supone que el funcionamiento del sistema debe producir y los resultados como el conjunto de estados de cosas que realmente consigue producir el sistema. En cualquier sistema técnico se supone que ambos conjuntos se pueden caracterizar de forma objetiva e independiente. Esto significa que la descripción de ambos conjuntos no tiene nada que ver con la posible valoración subjetiva de su utilidad o importancia por parte del usuario. En la práctica es posible que diferentes usuarios den diferente importancia a cada uno de los objetivos y resultados de un sistema técnico. Por ejemplo, para un usuario puede ser muy importante que la lavadora gaste poca agua y poca energía eléctrica, mientras que para otro lo más importante será que la ropa quede completamente blanca, sin importar la cantidad de agua y jabón que se necesite. Pero en cualquier caso todos ellos pueden coincidir en la descripción objetiva (no en la valoración) de objetivos y resultados.

El ajuste entre objetivos y resultados de un sistema tiene que ver con las dos nociones básicas que utilizamos para valorar el progreso tecnológico: la noción de efectividad o eficacia y la noción de eficiencia.

## EFFECTIVIDAD, EFICIENCIA

Es raro encontrar una definición precisa de estos conceptos en la filosofía de la técnica, a pesar de la importancia que tienen. En nuestro caso podemos utilizar la distinción entre los conjuntos de objetivos  $O$  y resultados  $R$  de un sistema técnico para dar una definición cuantitativa y precisa de estos dos conceptos. Para ello partimos de los siguientes supuestos ya conocidos:

- a) Los sistemas técnicos están formados no sólo de artefactos sino también de acciones realizadas por agentes intencionales que pretenden con ellas conseguir determinados objetivos.
- b) Una acción intencional  $A_{xy}(O,R)$  se caracteriza, además de por su agente  $x$  y por el sistema  $y$  sobre el que se produce la acción, por el conjunto de los objetivos  $O$  y los resultados  $R$ . Definimos  $O$  como el conjunto de estados de cosas que el agente  $x$  se propone conseguir mediante la acción  $A_{xy}(O,R)$ , y  $R$  como el conjunto de estados de cosas que de hecho consigue.
- c) Suponemos que en principio es posible asignar magnitudes a los conjuntos  $O$  y  $R$ , medir la distancia entre ellos, etc. Para ello basta suponer que  $O$  y  $R$  representan conjuntos de puntos en el espacio de estados del sistema compuesto  $[x,y]$  en el que se produce la acción. (Ver Bunge, 1976, 1989). Para representar las correspondientes magnitudes usaremos la notación  $|O|$  y  $|R|$ , etc.

Con este instrumental podemos acometer definitivamente nuestra tarea. Empezamos distinguiendo claramente los dos conceptos íntimamente relacionados: el de efectividad (o eficacia) y el de eficiencia de una acción intencional. Se dice que una acción es **efectiva** o **eficaz** si sus objetivos intencionales están incluidos en los resultados efectivamente conseguidos (cf. Bunge, 1989, 329-330): la acción  $A(O,R)$  con objetivos  $O$  y resultados  $R$ , es efectiva si  $O \subseteq R$ . En términos cuantitativos:  $A(O,R)$  es efectiva en grado  $r$  sii  $|O \cap R| / |O| = r$ .

La efectividad no es lo mismo que la **eficiencia**. Un cierto nivel de efectividad parece necesario para alcanzar un nivel mínimo de eficiencia. Sin embargo, una efectividad completa o máxima no garantiza un alto nivel de eficiencia. Matar moscas a cañonazos (o ganar una guerra con bombas atómicas) pueden ser ejemplos de acciones muy efectivas, pero nadie diría hoy que son ejemplos de eficiencia técnica.

Existen varios conceptos relacionados con el concepto de eficiencia técnica: el concepto filosófico general de **racionalidad** de la acción, el concepto de **eficiencia termodinámica** de un proceso y el concepto de **eficiencia económica**.

El criterio de racionalidad de la acción se puede formular en estos términos: la acción  $A(O,R)$  es una acción racional si es un medio adecuado para conseguir  $O$ . Esta noción de racionalidad instrumental (adecuación de medios a fines u objetivos), a pesar de su prestigio filosófico, no tiene un significado preciso, mientras no se especifique qué significa "adecuación" de medios a fines.

La definición que propone Bunge (1989, 330-31) de plan eficiente permite resolver este problema. Según esta definición (que podemos aplicar directamente a una acción, sin violentar el significado original), la acción  $A(O,R)$  es una acción eficiente si:

- a) Es efectiva (se consiguen los objetivos) ( $O \subseteq R$ ).
- b) Lo que se consigue con la acción es más valioso que lo que se gasta en conseguirlo.

La definición de Bunge supone, por una parte, que la efectividad de la acción es completa (aunque es fácil generalizarla admitiendo la posibilidad de comparar grados de efectividad y de eficiencia), y que existe una función de evaluación definida sobre las acciones que permite comparar el valor de los objetivos conseguidos de la acción y el coste de la propia acción. Entendida en estos términos, la definición de Bunge puede considerarse una formalización adecuada del concepto de eficiencia económica.

El problema de la noción de eficiencia económica es que depende de una función de evaluación de los resultados y los costes de una acción que, en principio, no tiene nada que ver con nociones propiamente técnicas. En efecto, parece razonable esperar que podamos hablar de la eficiencia de una máquina o de cualquier sistema técnico de manera que lo que decimos tenga que ver con propiedades como que la máquina funcione bien, que no se estropee, que pueda realizar de forma satisfactoria el trabajo para el que ha sido diseñada, etc. En todos estos casos estamos hablando de propiedades intrínsecas de la máquina y de su fun-

cionamiento, completamente independientes del valor (económico o de cualquier otro tipo) que asignemos a los resultados obtenidos con ella. Desde luego no nos molestaremos en evaluar la eficiencia de una máquina que ha sido diseñada para realizar tareas sin valor, pero en principio, una vez determinados los objetivos o funciones que debe cumplir un sistema técnico, podremos valorar si los cumple o no y en qué medida, con qué precisión, etc. independientemente del valor que hayamos asignado a los objetivos en cuestión.

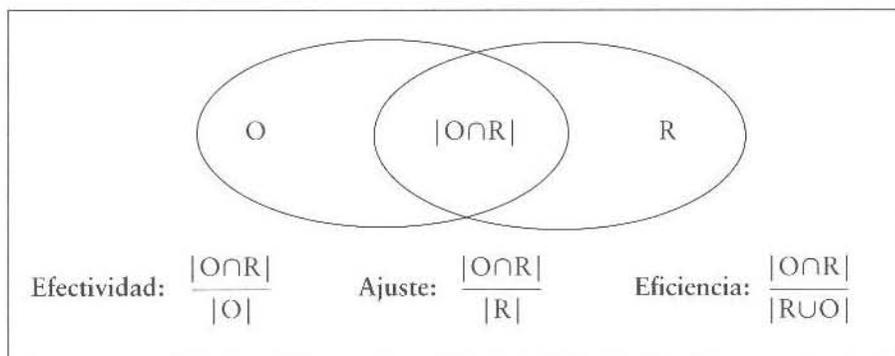
Hay una forma alternativa de formalizar el contenido intuitivo de la noción de acción eficiente, inspirada en la noción de rendimiento o eficiencia termodinámica. En efecto, la eficiencia termodinámica de un motor se mide en términos de la razón entre la cantidad de energía transformada en trabajo mecánico ( $W$ ) y la cantidad total de energía consumida por el motor  $Q$  (que equivale a la suma del trabajo realizado más la energía disipada en forma de calor,  $W+U$ ).

Se puede relacionar este concepto termodinámico con el de eficiencia económica. Para ello basta con definir el valor económico de la energía de un proceso termodinámico de tal manera que:

- a) El valor por unidad de energía transformada en trabajo es constante y mayor que el valor inicial por unidad de la energía que interviene en el proceso.
- b) El coste del proceso se identifica con el valor total de la energía consumida.

Pero sabemos que las funciones de evaluación económica no cumplen en general estas condiciones: por una parte, existen rendimientos marginales decrecientes a medida que aumenta el coste de un proceso; por otra, aunque la eficiencia termodinámica de un proceso permanezca constante, la valoración económica del trabajo realizado y de la energía consumida (y por lo tanto el valor de la eficiencia económica) pueden variar en virtud de condiciones del mercado, completamente ajenas al proceso termodinámico.

Mi propuesta consiste en construir la noción de eficiencia técnica como una generalización de la noción intuitiva de adecuación de medios a fines que pueda



incluir la eficiencia termodinámica como un caso particular, pero sin necesidad de introducir una función de evaluación económica para comparar costes y beneficios. De hecho ésta parece la vía más natural, si tenemos en cuenta que la noción de eficiencia fue exportada del campo de la ingeniería al de las ciencias sociales (Mitcham, 1994).

Para ello propongo que definamos una nueva noción que llamaré **ajuste** de una acción, en los siguientes términos:  $F(A(O,R)) = |O \cap R| / |R|$ . Intuitivamente esto equivale a considerar que una acción es tanto más ajustada cuanto más coincidan el conjunto de sus objetivos efectivamente alcanzados con el de los resultados totales obtenidos. Una acción con elevado grado de efectividad puede ser poco "ajustada" si sólo logra los fines que se propone "al precio" de producir enorme cantidad de efectos "no deseados". Por otra parte, la definición permite que una acción poco efectiva pueda ser muy ajustada.

Podemos ahora construir el concepto de "adecuación de medios a fines" o de eficiencia técnica de tal manera que dependa tanto de la efectividad como del ajuste de la acción y que cumpla el siguiente requisito mínimo: la eficiencia de una acción no puede tener un valor mayor que el de cualquiera de sus componentes (efectividad o ajuste). Esto implica que si uno de los componentes es nulo, la eficiencia es nula y que la eficiencia máxima sólo se consigue cuando se tienen tanto efectividad como ajuste máximos. Existen muchas funciones de E y F que cumplen estos requisitos. En otras ocasiones he propuesto la siguiente (ver ilustración):  $\varphi(A(O,R)) = |O \cap R| / |O \cup R|$ .

En el cálculo de la eficiencia termodinámica de una acción, hay que suponer que la efectividad es máxima, por consiguiente,  $O \cap R = O$ ,  $O \cup R = R$ , y  $\varphi(A(O,R)) = O / R$  que es equivalente a la fórmula de la eficiencia termodinámica si sustituimos O por W (energía transformada en trabajo útil) y R por Q (los resultados de la acción expresados en términos del total de energía empleada, es decir la transformada en trabajo W más la disipada en forma de calor U).

Esta noción de eficiencia no es enteramente independiente de operaciones de evaluación, puesto que se basa en la distinción entre objetivos y resultados de una acción y supone que se asigna diferente valor a cada uno de estos conjuntos de "estados del mundo". Pero tiene una ventaja fundamental respecto a la noción de eficiencia económica: una vez establecida la línea divisoria que define los objetivos explícitos del sistema, la evaluación de la eficiencia es independiente de los valores concretos que asignemos a los elementos de uno y otro lado de la línea: una tecnología puede ser técnicamente eficiente, aunque sea económicamente (o moralmente) no "rentable".

Esta definición no es la única posible.<sup>3</sup> Pero sus principales ventajas son las siguientes:

- 1) Se puede aplicar a cualquier tipo de objetivos y resultados que interese tomar en consideración.

<sup>3</sup> En un escrito reciente, Mario Bunge (2002) se hace eco de estas propuestas para definir las nociones de eficiencia y ajuste de una acción, expuestas en el trabajo Quintanilla

- 2) Permite calcular el valor de eficiencia independientemente de cualquier otra valoración (económica, social, moral, etc.) que se haga de los diferentes objetivos y resultados del sistema.
- 3) Permite definir la eficiencia para sistemas no completamente efectivos ( $O \cap R \subset O$ ).
- 4) Para un sistema completamente efectivo, si se calcula el coste de la acción como el valor de los resultados no queridos ( $R - O$ ), se obtiene el valor de eficiencia económica a partir del de eficiencia técnica.
- 5) Para un sistema completamente efectivo cuyos objetivos y resultados sólo se caracterizan en términos de consumo y aprovechamiento de energía, la eficiencia técnica es equivalente al rendimiento termodinámico.

## DOS DIMENSIONES DEL PROGRESO TECNOLÓGICO

El concepto de eficiencia desempeña, en la filosofía de la tecnología, un papel similar al del concepto de verdad en la filosofía de la ciencia. Valoramos las teorías científicas por su valor de verdad y los sistemas tecnológicos por su eficiencia. Para un determinado contexto tecnológico, un aumento en la eficiencia de un sistema técnico puede fácilmente interpretarse como un incremento de la capacidad humana para hacer que la realidad a la que se aplica tal sistema se comporte de acuerdo con los objetivos humanos. Por consiguiente una medida de la eficiencia de los sistemas técnicos podría interpretarse como una medida del progreso tecnológico de carácter objetivo y libre de valoraciones, aunque dependiente del contexto.

Sin embargo, la interpretación del progreso técnico como un aumento de la capacidad humana para hacer que la realidad se comporte de acuerdo con nuestros deseos, de raíz orteguiana (Ortega y Gasset, 1939; ver Quintanilla, 1995), va más allá de la simple constatación de que, en cada entorno tecnológico, siempre es posible conseguir mejores resultados. En realidad, el progreso técnico no tiene que ver sólo con la eficiencia, sino también con la ampliación de los ámbitos de la realidad aglutinados –digámoslo así– en sistemas técnicos.

Existe aquí un paralelismo con la noción de progreso científico, reconstruida a través del concepto de verosimilitud: ésta implica no sólo un aumento del va-

y Lawler (2000), incluido en el homenaje a Bunge en su 80<sup>o</sup> aniversario. En su comentario asume nuestra caracterización de la eficacia de una acción y redefine la eficiencia proponiendo sustituir el denominador de nuestra fórmula por la magnitud  $I$  que representa el insumo o conjunto de recursos que “consume” la acción. A partir de aquí define la magnitud del “efecto colateral” de una acción ( $k = |O \setminus R| / I$ ) y redefine el ajuste de la acción como el complemento de  $k$  a la unidad. No está claro, sin embargo, en su escrito cómo se debe interpretar  $I$  para que la fórmula resulte normalizada con valor máximo de  $k = 1$ .

lor veritativo de nuestro conocimiento, sino también un aumento de su contenido informativo, de su riqueza y profundidad. Algo parecido sucede con la noción de progreso tecnológico: implica no sólo un aumento en la eficiencia de los sistemas técnicos, sino también una continua ampliación de su extensión. Esta segunda dimensión del cambio está muy bien representada en la noción de innovación radical.

En la literatura técnica, una innovación es el resultado de transformar una invención técnica en un bien con valor económico. Se suelen distinguir dos clases de innovaciones, según su importancia: incrementales y radicales. También es usual la distinción entre innovaciones de proceso y de producto (cambios en la forma de producir algo y cambios en la naturaleza de la cosa producida). Generalmente, las innovaciones más radicales son innovaciones de producto. Si tienen éxito proporcionan la mayor ventaja competitiva a la empresa industrial que las introduce en el mercado. Consisten en crear un nuevo tipo de producto técnico, lo que implica extender la esfera de la intervención técnica a una nueva parte de la realidad.

Esto nos permite concebir el progreso tecnológico como un proceso con dos dimensiones: la eficiencia y la innovación. Una teoría normativa del progreso tecnológico (algo así como una metodología para el desarrollo tecnológico) debería incluir dos principios: el principio de eficiencia y el principio de innovación. El principio de eficiencia recomienda conseguir sistemas técnicos cada vez más eficientes. El principio de innovación recomienda ampliar el ámbito de los sistemas técnicos para cubrir cada vez más clases y más partes de la realidad.

Podemos imaginar varias formas de medir el progreso tecnológico así entendido. Ya hemos visto cómo se puede construir una medida objetiva de la eficiencia técnica. De forma semejante podría medirse el **grado de innovación** generado por un sistema técnico como la distancia entre determinado estado de cosas y el estado de cosas que se pretende producir como resultado de la aplicación de tal sistema. Por último, como en el caso de la función de verosimilitud, también aquí podría construirse una medida de progreso tecnológico combinando ambas dimensiones.

Con todos estos elementos se puede definir lo que llamaremos el núcleo de una teoría estándar del progreso tecnológico cuyas principales tesis serían las siguientes:

1. El objetivo de la tecnología es aumentar de la capacidad humana para controlar y crear la realidad.
2. El desarrollo tecnológico se caracteriza por una doble dimensión: la innovación (ampliación del ámbito de la realidad sometido a control técnico) y la eficiencia (aumento del grado de control de la realidad).
3. Una buena estrategia para caracterizar el progreso técnico como un incremento del poder humano sobre la realidad sería definir alguna función de progreso tecnológico que combinara innovación y eficiencia.

## LA INCOMPLETUD Y LA INSATISFACCIÓN DE LA TÉCNICA

La idea de una civilización completamente tecnificada, o la más fuerte aún de un desarrollo completo y total de la técnica, subyace, con carácter más o menos explícito, en las dos perspectivas extremas sobre la técnica a las que nos referíamos al principio. Hemos visto, sin embargo, que esta idea es innecesaria para entender el progreso técnico. Añadiremos ahora que además es imposible.

En efecto, la idea de que es posible una técnica perfecta o completa equivale a suponer que es posible un sistema intencional de acciones capaz de controlar de forma completa todos los aspectos y parcelas de la realidad. Como fácilmente puede percibirse, se trata de una versión tecnológica de la idea teológica de omnipotencia divina. Pero en el modesto plano de lo que es accesible a la razón humana, es obvio que se trata de una idea inconsistente y de una realidad imposible. En primer lugar, porque el control artificial completo de toda la realidad, requiere un conocimiento también completo de ésta, y sabemos, al menos desde Gödel, que tal tipo de conocimiento es lógicamente imposible además de metodológicamente inaccesible al método de la ciencia. En segundo lugar, porque una tecnología completa implicaría un nivel de eficiencia perfecta, lo que contradice al segundo principio de la termodinámica. Y finalmente porque el control completo de los resultados de nuestras acciones significaría que podemos controlar el número prácticamente infinito de sus consecuencias, lo cual resulta poco realista.

A pesar de ser una idea contradictoria y una realidad imposible, el mito de la completud de la técnica puede seguir vivo como mito para alimentar tanto las esperanzas del optimista tecnológico como los temores del pesimista. Mi último argumento contra la completud de la técnica será, pues, de orden pragmático: asumir la incompletud de la técnica nos permite entender mejor el carácter siempre insatisfactorio y contingente del desarrollo tecnológico y nos permite también, en consecuencia, localizar el punto central en el que se plantea el problema de nuestra responsabilidad moral ante el desarrollo tecnológico.

Uno de los argumentos más reiterados contra el desarrollo tecnológico es el que se basa en la inevitable existencia de efectos no descados de cualquier innovación técnica. Como sabemos, el optimista radical supera esta objeción postulando que, a la larga, el propio desarrollo tecnológico nos permitirá resolver todos los problemas. El pesimista, en cambio, piensa que esa misma esperanza en la completa tecnificación de la realidad será nuestra perdición, porque llevará consigo una completa adaptación de nuestras necesidades y deseos a los dictados de la técnica.

Desde nuestro punto de vista, la situación es mucho menos dramática. Lo que ocurre con el desarrollo de la técnica, es decir de nuestra capacidad para controlar la realidad, no es muy diferente de lo que ya sabemos del desarrollo de nuestro conocimiento de la realidad. Recordemos que el progreso del conocimiento no consiste en la aproximación a la verdad definitiva y completa, sino en el aumento de verdades parciales y provisionales. Y recordemos sobre todo que cada

avance de nuestro conocimiento es una ampliación de los límites de nuestra ignorancia. Ocurre algo parecido con el progreso tecnológico: cada avance que realizamos en el control de la realidad supone la aparición de nuevos problemas, nuevas posibilidades, y nuevos deseos. El *ethos* del progreso tecnológico no consiste en alcanzar la omnipotencia, sino en imaginar nuevas posibilidades y encontrar la forma más eficiente de conseguirlas. La insatisfacción ante la técnica, como ante el nivel de bienestar alcanzado (Rescher, 1981), se debe, en efecto, a que la consecuencia inmediata del logro de un deseo es la aparición de nuevos deseos insatisfechos. Pero esto no es una maldición de la técnica, es el motor de la innovación o la expresión de ese carácter siempre abierto del proyecto vital del hombre del que nos habla Ortega.

El mantener conscientemente esta tensión entre el deseo y la realidad tiene consecuencias en relación con los problemas morales que plantea el desarrollo de la técnica. Señalaré, para concluir, los dos que me parecen más importantes. El primero se refiere a nuestra responsabilidad de mantener activo lo que hemos llamado el principio de innovación; el segundo se refiere a nuestra responsabilidad de mantener activo el principio de eficiencia.

## RESPONSABILIDAD MORAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE

Las dos condiciones para que el desarrollo tecnológico pueda continuar son que mantengamos viva nuestra capacidad de imaginar nuevas situaciones, de tener nuevos deseos, y que mantengamos viva nuestra capacidad para conseguirlos. Y el riesgo mayor no reside en que la técnica llegue a un final imposible, sino más bien en que caiga en un ciclo de estancamiento que inevitablemente conduciría a un proceso regresivo. Este riesgo de estancamiento y regresión no depende de la lógica interna de la técnica, sino de las decisiones que los humanos tomemos para impulsar su desarrollo.

¿Cómo pueden nuestras decisiones hacer que la tecnología termine anulando nuestra capacidad de innovación y de eficiencia?

Hablemos por un momento, no de la técnica en sentido genérico, sino de las características de las tecnologías actuales, de carácter industrial y base científica. Destacaremos las siguientes:

1. La tecnología de nuestra época se ha extendido a ámbitos de la realidad hasta ahora vírgenes, en especial se ha extendido al control de los procesos de información y al control de los procesos biológicos a nivel molecular. Es decir, a las dos fuentes principales de nuestra capacidad de innovación: la vida y el conocimiento.
2. El diseño de nuevos sistemas técnicos se ha vinculado definitivamente a la industria y a la ciencia industrialmente organizada. En cierta medida esto significa que hemos comenzado a tecnificar el propio proceso de innovación tecnológica y a supeditar el desarrollo tecnológico a la lógica del sistema económico.

Pues bien, las dos cuestiones morales más importantes que nos debemos plantear ante esta situación son:

1. ¿Realmente es útil que desarrollemos las técnicas de control del conocimiento y de la vida humana hasta un punto en que pudiéramos poner en peligro la espontánea aparición de nuevas iniciativas y deseos?
2. ¿Es moralmente aceptable que las decisiones sobre el futuro del desarrollo tecnológico se tomen en función de objetivos privados, económicos o industriales, cuando éstas no afectan ya sólo al uso de nuestras posibilidades técnicas para satisfacer deseos actuales sino al diseño del tipo de posibilidades que en el futuro vamos a tener?

Desde nuestra visión del desarrollo de la técnica, la respuesta a estas dos cuestiones es clara. En primer lugar, la vigencia del principio de innovación nos obliga a ser precavidos: para que el desarrollo tecnológico pueda continuar deberíamos preservar un margen de espontaneidad no controlada en la propia fuente de innovación que es el conocimiento y la imaginación humana. Creo que a partir de aquí deberíamos intentar establecer un sistema de principios morales para regular este tipo de tecnologías humanas. En segundo lugar, la responsabilidad sobre el futuro de nuestra propia técnica, es decir sobre las posibilidades de actuar que tendremos mañana, debería ser un asunto de interés público en el que todo el mundo debe tener derecho a ser oído.

En la práctica esto significa que los dos grandes retos morales del desarrollo tecnológico son el reto de **salvaguardar la creatividad humana** y el reto de la **participación colectiva en el diseño de las políticas tecnológicas**. Si sabemos dar una respuesta correcta a estos dos retos, podremos asegurar la continuidad y la moralidad del desarrollo tecnológico. Si no, habremos contribuido a hacer realidad los más pesimistas pronósticos sobre la técnica, pero no porque ésta se haya impuesto de forma autónoma a nuestros deseos, sin porque no hemos sabido orientar nuestros deseos de forma adecuada.

## PROGRESO TECNOLÓGICO Y PROGRESO MORAL

A diferencia de lo que ocurre con la teoría del progreso científico, la teoría del progreso tecnológico no puede evitar cuestiones valorativas de carácter moral, económico, social, etc. La razón es simple: por una parte, la selección de los objetivos de un sistema técnico es un componente esencial de su definición. Por otra, las consecuencias prácticas de optar por unos u otros objetivos no sólo afectarán al nivel de innovación y de eficiencia que podamos alcanzar, sino también a las condiciones materiales de la vida humana.

De hecho ésta es una de las diferencias más radicales que existen entre la ciencia y la tecnología: la ciencia por sí misma no crea problemas morales, porque no afecta directamente a la vida de las personas. Pero la tecnología sí. Como señala Vega (1997), la actividad científica consiste en acciones epistémicas que no alte-

ran el mundo real, mientras la tecnología incorpora acciones materiales que sí lo alteran.

Ahora bien, en relación con las dimensiones morales del desarrollo tecnológico, conviene distinguir dos tipos de cuestiones: cuestiones relativas a la influencia de los valores morales sobre el desarrollo tecnológico y cuestiones relativas a la influencia de los valores tecnológicos sobre el desarrollo de la moral.

Las cuestiones del primer tipo, la de los límites morales al desarrollo de determinadas tecnologías biológicas, etc., son generalmente más populares y se pueden resumir en el primer reto que hemos señalado: el de la conservación y potenciación de la capacidad creativa humana. Sin embargo, las cuestiones del segundo tipo son conceptualmente mucho más interesantes y problemáticas. En ocasiones el aumento de las posibilidades tecnológicas produce cambios radicales no sólo en el diseño de los códigos y criterios de valoración morales, sino también en otros sistemas de valores como la economía, el arte, la religión, etc. La teoría de progreso tecnológico no debe interpretarse como una teoría del progreso moral, pero si avanzamos en la comprensión de aquel, podremos entender mejor los problemas morales de la tecnología. Si algún día alguien definiera una medida del progreso moral que lo hiciera dependiente de la capacidad humana para transformar o controlar la realidad, tendríamos seguramente una fuerte conexión entre moralidad y tecnología: habríamos recuperado una parte del ideal ilustrado, según el cual el aumento del conocimiento y de la capacidad técnica es una condición del aumento de la felicidad o la justicia.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bunge, M. (1977): *Treatise on Basic Philosophy*. Vol 3: *The furniture of the World*. D. Reidel, Dordrecht.
- Bunge, M. (1989): *Treatise on Basic Philosophy*. Vol 8. D. Reidel. Dordrecht.
- Bunge, M. (2002): *Ser, saber, hacer*. México. Paidós.
- Heidegger, M. (1977): *The Questions concerning Technology and Other Essays*. Trad. W. Lovit. New York. Harper & Row.
- Mumford, L. (1934): *Technics and Civilization*. New York. Harcourt.
- Ortega y Gasset, J. (1939): *Meditación de la Técnica*. Madrid. Rev. de Occidente.
- Niiniluoto, I. (1984): *Is science progressive?*, D. Reidel, Dordrecht.
- Ortega y Gasset, J. (1939): *Meditación de la Técnica*. Revista de Occidente. Madrid.
- Popper, K. (1963): *Conjectures and Refutations*. Basic Books. New York.
- Quintanilla, M.Á. (1982): 'La verosimilitud de las teorías'. En *Actas del Primer Congreso de Teoría y Metodología de las Ciencias*. Ediciones Pentalfa. Oviedo.
- Quintanilla, M.Á. (1989): *Tecnología: Un enfoque filosófico*. FUNDESCO. Madrid.
- Quintanilla, M.Á. (1995): La incompletud de la técnica. *Claves de Razón Práctica*, 51 (Abril 1995), 32-41. En inglés: (1996) 'The incompleteness of technics'. In G. Munévar (ed.): *Spanish Studies in the Philosophy of Science*. Kluwer Academic Publishers. Amsterdam. Pp. 89-102. [Corresponde a una ponencia presentada en la sesión plenaria del Congreso Mundial de Filosofía (Moscú, Octubre 1993)].
- Quintanilla, M.Á. (1997): El concepto de progreso tecnológico. *Arbor*, CLVII, 620 (agosto 1997). Pp. 377-390.
- Quintanilla, M.Á. y Lawler, D. (2000): "El concepto de eficiencia técnica", en G. Denegri y G.E. Martínez (comps) (2000): *Tópicos actuales en filosofía de la técnica: Homenaje a Mario Bunge en su 80º aniversario*. Universidad Nacional Autónoma de Mar del Plata.

- Rescher, N. (1981): *Unpopular Essays on Technological Progress*. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press.
- Skolimowski, H. (1966): 'The structure of thinking in technolu', *Technology and Culture* 7. Pp. 371-383.
- Vega, J. (1997): '¿Por qué es necesario distinguir entre ciencia y técnica?'. (Dept. de Filosofía. Universidad de Salamanca).
- Zamora, J. (1996): *Mentiras a medias*. Publicaciones de la Universidad Autónoma de Madrid. Madrid.

## CAPÍTULO III

# Innovación tecnológica y cambio social: más allá del determinismo tecnológico

*Eduard Aibar*

### INTRODUCCIÓN

La influencia de las innovaciones tecnológicas en la sociedad y la cultura es un tema clásico en el pensamiento moderno y contemporáneo. En cierto sentido, atribuir a la tecnología un papel importante como agente causal en los cambios sociales forma parte de nuestro acervo cultural tácito. Nuestro imaginario cultural está plagado de imágenes y relatos que destacan la forma en que diversas tecnologías o invenciones técnicas –desde la rueda a la imprenta, desde el arado a la máquina de vapor– han transformado la vida social.

En unos casos, los efectos del cambio tecnológico se manifiestan en los niveles más básicos de la vida cotidiana. En este sentido todos podemos echar mano de nuestra propia experiencia personal: dependiendo de cuál sea nuestra generación, el automóvil, la televisión, la píldora anticonceptiva, el teléfono, el ordenador personal o el teléfono móvil habrán sido protagonistas de cambios más o menos importantes en nuestros hábitos y, en definitiva, en nuestra forma de vida. Resulta indudable que ciertos aspectos de nuestra vida cotidiana se han visto pro-

fundamente transformados por la difusión y uso de algunas tecnologías o artefactos técnicos.

En otros casos se atribuye a ciertas tecnologías la capacidad, más sutil y más remarcable si cabe, de cambiar nuestra forma de pensar o de entender el mundo, de transformar la estructura o el funcionamiento de algunas instituciones, de modificar las relaciones de producción o, incluso, de generar auténticas revoluciones sociales en las que resulta afectada la estructura social en su totalidad, desde los vínculos económicos a las relaciones de poder.

No es casual que la idea de considerar la tecnología una fuerza motriz clave en el cambio y evolución de la sociedad haya colonizado gran parte del pensamiento social y político, especialmente a partir de la primera revolución industrial. Sin duda, es posible encontrar precedentes de esta perspectiva en el pensamiento de la Ilustración –autores como Voltaire o Diderot, por ejemplo, enfatizaron incansablemente el papel de la ciencia y la tecnología como fuerzas liberadoras y como poderosos agentes de cambio y progreso social. Sin embargo, es en el siglo XIX, con la consagración del capitalismo industrial en Europa y los Estados Unidos, cuando la idea comienza a adquirir un creciente protagonismo en el pensamiento occidental.<sup>1</sup> La obra de Marx constituye, en este sentido, un ejemplo paradigmático al situar el conocimiento científico y la tecnología como elementos centrales en el desarrollo de las fuerzas de producción y, subsecuentemente, en la configuración de las relaciones de producción.

Durante el siglo XX, sin embargo, la temática general de la relación entre el cambio social y el cambio tecnológico adquiere un protagonismo sin precedentes en la historia, fundamentalmente entre sociólogos, economistas, filósofos e historiadores. La tendencia a destacar el papel desempeñado por la tecnología en las transformaciones sociales y los numerosos estudios sobre los efectos y consecuencias sociales de innovaciones tecnológicas específicas, culmina en la tesis del *determinismo tecnológico*: la idea de que la tecnología constituye el agente causal más importante en los cambios sociales a lo largo de la historia; la tesis, en resumen, de que el cambio tecnológico *determina* el cambio social o, dicho de otro modo, de que la tecnología es, sencillamente, el *motor de la historia*.

El determinismo tecnológico sostiene que la tecnología, en sus diversas formas, es, ha sido y será la base sobre la que se erige cualquier tipo de sociedad. Llevada al extremo esta perspectiva deviene una suerte de visión *tecnocéntrica*, para la que prácticamente todo fenómeno o hecho social importante es explicable recurriendo a la tecnología. Incluso la concepción misma del ‘ser humano’ resulta afectada: el hombre es, fundamentalmente, *homo faber* o, según la expresión acuñada por Benjamin Franklin, un ‘animal que utiliza herramientas’. Como afirmaría más tarde Thomas Carlyle, “sin herramientas no es nada: con ellas lo es todo”.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Para un repaso histórico a la presencia del determinismo tecnológico en la cultura norteamericana desde finales del XVIII hasta principios del XX, véase Smith (1997).

<sup>2</sup> Citado en Chandler (1995).

Son muchos los autores que, desde disciplinas muy diferentes, han defendido y defienden aún la perspectiva del determinismo tecnológico.<sup>3</sup> No sólo eso, sino que la idea parece haber enraizado profundamente en nuestro sentido común y actualmente es fácil detectar su presencia, implícita o explícita, en la mayor parte de discursos u opiniones mediáticas sobre la sociedad contemporánea o sobre nuestra cultura tecnológica. Pero ¿constituye el determinismo tecnológico la forma más correcta de entender la relación entre tecnología y sociedad? ¿En qué tipo de evidencia empírica e histórica se apoya? ¿Existen alternativas más adecuadas y más ajustadas a los conocimientos históricos de que disponemos?

Para responder este tipo de preguntas es útil, en primer lugar, distinguir a efectos analíticos entre dos ideas o tesis que usualmente aparecen superpuestas en los discursos y enfoques deterministas. Por un lado, la idea de la *autonomía de la tecnología* y, por otro, la del *determinismo tecnológico* propiamente dicho.

## LA AUTONOMÍA DE LA TECNOLOGÍA

La tendencia a asociar un cierto *fatalismo* al desarrollo tecnológico es, también, una constante en el pensamiento occidental. Son muchos los autores que, desde disciplinas muy diversas, han defendido a lo largo de la historia la tesis de la *autonomía de la tecnología*: la idea de que la tecnología sigue su propio curso al margen de la intervención humana o social y de que se desarrolla, fundamentalmente, de forma *incontrolada*.<sup>4</sup> Autores con orientaciones tan diferentes como Jacques Ellul, John Kenneth Galbraith, Martin Heidegger, Marshall McLuhan o Alvin Toffler se muestran de acuerdo en afirmar que la tecnología se desarrolla según sus propias leyes inexorables, siguiendo una lógica particular que siempre acaba imponiéndose a cualquier intento de control humano.<sup>5</sup>

Aunque la tesis de la autonomía de la tecnología tiene un largo pasado es durante las últimas décadas, gracias sin duda al espectacular desarrollo y difusión de las tecnologías de la información y la comunicación,<sup>6</sup> cuando ha adquirido un mayor protagonismo social y mediático. Alrededor de este tipo de tecnologías, de hecho, se ha generado una larga serie de tópicos que aparecen, a menudo, en cualquier tipo de análisis sobre la actualidad y que constituyen variantes clásicas

<sup>3</sup> La expresión 'determinismo tecnológico' fue acuñada por primera vez por el sociólogo y economista norteamericano Thorstein Veblen (1857-1929).

<sup>4</sup> El estudio clásico sobre la historia del concepto de tecnología autónoma es Winner (1979).

<sup>5</sup> Jacques Ellul es quizá el autor más destacado en la defensa de la autonomía de la tecnología y el que ofrece una formulación más canónica de la tesis. Los seres humanos, según él, hace tiempo que han perdido la oportunidad de controlar o dominar la tecnología: "todo pasa como si el sistema técnico creciese por una fuerza interna, intrínseca y sin intervención decisiva del hombre" (Ellul, 1977, 229).

<sup>6</sup> En adelante TIC.

del tema de la autonomía y el determinismo tecnológico. El carácter vertiginoso de los cambios tecnológicos que vivimos, la idea de que nos encontramos en el mismísimo centro de una revolución tecnológica y social sin precedentes o el convencimiento de que el futuro inmediato nos traerá cambios aún más sorprendentes, son sólo una pequeña muestra de ello. Parece casi imposible encontrar trabajos, estudios o artículos periodísticos referidos a las TIC que no incluyan alguna formulación similar.

Uno de estos tópicos emparentado con la tesis de la autonomía, y, por cierto, no el menos común, consiste en enfatizar el carácter *inexorable* del desarrollo tecnológico. A menudo se afirma que el acelerado proceso de cambios tecnológicos que vivimos es, sencillamente, *imparable*.<sup>7</sup> De forma reiterada e inquietante se nos recuerda que no podemos “perder el tren” de la tecnología o que aquellos –personas, instituciones o naciones– que no quieran o no sepan adaptarse a los cambios tecnológicos acabarán, tarde o temprano, sufriendo las catastróficas consecuencias de su obstinación. El desarrollo tecnológico parece investido de una fuerza que rebasa cualquier intento humano por detenerlo o, incluso, por cambiar su dirección –tal como sugiere la imagen del tren.

Otra versión de la misma idea consiste en señalar el carácter *inevitable* de las innovaciones tecnológicas y de su difusión social. Se considera, por ejemplo, que las barreras (sociales, políticas, institucionales, culturales, etc.) puestas al desarrollo o difusión de una cierta innovación tecnológica son, a largo plazo, inútiles, teniendo en cuenta que la *lógica inapelable* de la innovación y el desarrollo tecnológico acaba siempre imponiéndose, de una forma u otra, por encima de cualquier forma de restricción o freno. El ámbito de la ingeniería genética y la genómica es, en la actualidad, un terreno abonado para este tipo de argumentación: se insiste continuamente en que los intentos de regulación o limitación para cierto tipo de experimentos o de aplicaciones técnicas, serán inútiles.

La inexorabilidad que usualmente se atribuye a la tecnología se puede constatar en el énfasis que se pone en las *regularidades* de su expansión. En el caso de las TIC, el proceso de innovación parece estar, incluso, sometido a *leyes* que certifican su carácter inapelable y autónomo. Así, a menudo se hace referencia a la llamada *ley de Moore*, que establece que el número de transistores incorporados en un chip se dobla en un espacio de tiempo de entre 18 y 24 meses.<sup>8</sup> Algunos no dudan en buscar leyes similares que expliquen la progresión geométrica en el volumen de información que circula por Internet.<sup>9</sup>

<sup>7</sup> Véase, como ejemplo, el informe sobre la industria española que se encuentra en la página web del Gobierno español, en el que se puede leer literalmente “el proceso de cambio tecnológico es imparable”. <http://www.la-moncloa.cs/web/PDF/Industria.pdf>, p. 343.

<sup>8</sup> El artículo original en el que se realizó esta aseveración es Moore, (1965). Para más información, véase <http://www.intel.com/intel/museum/25anniv/hof/moore.htm>. En esta página se formula en tono humorístico otra ley que establece que, a pesar de la ley de Moore, “el precio del ordenador que quieres comprar siempre continúa siendo el mismo”.

<sup>9</sup> Véase Coffman y Odlyzko (2000).

La supuesta existencia de leyes en el desarrollo y difusión de las TIC refuerza obviamente la idea de que estamos ante un proceso básicamente autónomo, en el sentido de que se produce al margen de cualquier voluntad explícita. El desarrollo tecnológico parece seguir, de esta forma, pautas similares a los fenómenos físicos y naturales que se rigen por leyes impermeables a nuestros deseos o intenciones y con absoluta independencia de los avatares de la vida social.

En definitiva, esta especie de *fatalismo* implícito en la idea de la autonomía de la tecnología, se ha convertido en moneda común, no sólo en los discursos políticos, empresariales o sociológicos, sino también en los ámbitos mediáticos e, incluso, en la opinión pública. Podría decirse que ya forma parte del sentido común: es algo que casi todo el mundo da por supuesto. Curiosamente, además, se ha extendido por un igual tanto entre las perspectivas *tecnófilas*, que ven el desarrollo tecnológico como remedio de todos los males y lo equiparan casi automáticamente con el progreso social, como entre las posiciones *tecnófobas*, que consideran la tecnología y su crecimiento incontrolado como uno de los mayores peligros de la civilización actual.

## IMPACTOS Y DETERMINISMO TECNOLÓGICO

Como hemos señalado más arriba, la idea de la autonomía de la tecnología acostumbra a ir ligada a otro tópico sobre la tecnología que también ha hecho fortuna a lo largo de la historia y que, también, parece vivir su edad de oro en torno a las TIC: el *determinismo tecnológico*. Los deterministas tecnológicos consideran, básicamente, que el desarrollo tecnológico condiciona, como ningún otro elemento singular, el cambio y la estructura sociales;<sup>10</sup> dicho de otra forma, que la fuente más importante de cambios sociales, a lo largo de la historia, son las innovaciones tecnológicas.<sup>11</sup> Ciertas tecnologías acaban afectando, según este punto de vista, a todos los ámbitos sociales: las instituciones, las formas de interacción, el imaginario cultural e, incluso, las cosmovisiones.

Como hemos señalado anteriormente la preocupación por los efectos de la tecnología en la vida social y la cultura es muy antigua. A veces sorprende ver cómo ciertos interrogantes que se plantean hoy en día respecto a innovaciones actuales en el ámbito de las TIC, fueron también formulados hace un siglo sobre tecnologías anteriores. Por ejemplo, entre los posibles efectos negativos que se

<sup>10</sup> Para una excelente recopilación de trabajos sobre la tesis del determinismo y sus diversas variantes, véase Smith y Marx (1997).

<sup>11</sup> Aunque Karl Marx ha sido considerado por algunos autores como ejemplo paradigmático de determinista tecnológico, estudios recientes tienden a interpretar su obra en un sentido diferente, si no opuesto. Es dudoso, por ejemplo, que Marx asignase a la tecnología un papel nuclear en las fuerzas de producción. MacKenzie (1996a), por ejemplo, muestra que algunos fragmentos de la obra marxiana sugieren que son más bien las relaciones de producción las que acababan configurando el diseño de los artefactos técnicos.

asocian habitualmente al uso de Internet destaca el “aislamiento social” al que pueden verse abocados los internautas –un fenómeno, por cierto, que los estudios empíricos realizados hasta ahora tienden a desmentir.<sup>12</sup> Una preocupación idéntica, aunque sobre una innovación diferente, el teléfono, generó numerosas discusiones, textos y estudios en los años 20 del siglo pasado.<sup>13</sup>

La preocupación por los efectos sociales de la tecnología ha culminado en nuestra época con los denominados estudios sobre *impactos*. La ingente literatura sobre impactos sociales de la tecnología ha copado, prácticamente, las investigaciones sobre la relación entre tecnología y sociedad durante las últimas décadas e, incluso, ha dado lugar a una disciplina propia y a organismos gubernamentales destinados, casi exclusivamente, al análisis de impactos sociales de tecnologías específicas.<sup>14</sup>

La gran mayoría de discursos y estudios que tematizan los llamados impactos o efectos sociales de la tecnología acostumbra a asumir, de una manera explícita o implícita, alguna forma de determinismo tecnológico. En el extremo, ciertas innovaciones tecnológicas se suelen interpretar como fuentes de transformaciones sociales radicales o, incluso, *revolucionarias*. Algunos de los ejemplos históricos más loados en este tipo de narrativas son, sin duda, el estribo y la sociedad feudal, la imprenta y la Reforma, la brújula y el descubrimiento del Nuevo Mundo, la máquina de vapor y la sociedad industrial o los microprocesadores y la llamada sociedad de la información.<sup>15</sup>

Uno de los primeros investigadores en analizar de forma sistemática el tema de los impactos sociales de la tecnología fue el sociólogo norteamericano William F. Ogburn<sup>16</sup>. Durante las décadas de los 30 y 40, Ogburn y sus colaboradores de-

<sup>12</sup> Véase, en ese sentido, Wellman y Hampton (1999).

<sup>13</sup> Véase Fisher (1992). Efectos similares han sido también asociados en otras épocas a tecnologías como el automóvil, el ferrocarril, la radio o el telégrafo.

<sup>14</sup> El ejemplo más célebre en este sentido ha sido la Office of Technology Assessment, ya desaparecida, creada en 1972 por el gobierno de los Estados Unidos como órgano consultivo del congreso. Para una historia de la evaluación de tecnologías, véase Aibar y Díaz (1994).

<sup>15</sup> Para el caso del estribo, véase White (1966). Esta obra se considera paradigmática en la perspectiva determinista. El argumento de White es, de forma muy simplificada, que la introducción y difusión del estribo en la sociedad europea fue una de las principales causas del surgimiento de la sociedad feudal –entendida como una sociedad dominada por la aristocracia guerrera y propietaria de la tierra. El estribo, se dice, hizo posible una nueva unidad de combate sin precedentes: la combinación de un hombre, una espada y un caballo. El estribo permitía el uso de la espada con mucha estabilidad y sin el peligro, antes permanente, de caerse del caballo cada vez que el golpe no acertaba al enemigo. La aparición de esta nueva unidad de combate, el caballero, requería sin embargo un ejercitamiento sistemático, además de caballos especiales y de armaduras para defenderse de otros caballeros. Estas condiciones específicas hicieron necesaria la creación de una organización social que pudiese garantizar el mantenimiento de esta nueva elite ociosa de guerreos a caballo: esta nueva organización es la que conocemos con el nombre de feudalismo.

<sup>16</sup> Véase, por ejemplo, su obra Ogburn (1933).

fendieron la idea de que ciertas innovaciones tecnológicas debían considerarse *inevitables*, en el sentido de que eran el fruto necesario de una acumulación sucesiva de pequeñas variaciones técnicas anteriores. Igualmente, estos pioneros de la sociología de la tecnología difundieron la noción de *retraso cultural*:<sup>17</sup> 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 materiales que las sustentan o provocan.

A pesar de que los trabajos de Ogburn pasaron prácticamente inadvertidos durante varias décadas, su modelo *mecanicista* se ha convertido, con el tiempo, en una constante en los estudios de impactos. El modelo de Ogburn supone una concatenación de efectos “en cascada”, al modo en que las bolas chocan entre sí en una mesa de billar, donde la fuerza inicial se va disipando en cada nuevo impacto. La difusión social de los automóviles, por ejemplo, redujo la demanda de caballos, lo que disminuyó la demanda de forraje que, a su vez, incremento la extensión de tierra destinada a la producción agrícola para consumo humano, cosa que finalmente hizo disminuir los precios de los alimentos.

La perspectiva determinista se caracteriza, como vemos, por considerar la relación entre tecnología y sociedad como *unidireccional*: mientras que la evolución de la sociedad (en sus aspectos económicos, políticos o culturales) es consecuencia del desarrollo tecnológico –está, pues, *determinada* por él–, la tecnología sigue un curso particular de acuerdo con sus propias leyes. Parece, además, como si la tecnología se desarrollase inicialmente en un ámbito *externo* al medio social: se trata de un factor exógeno con una dinámica propia que no resulta afectada, en lo esencial, por el medio social.

## PERSPECTIVAS HOLÍSTICAS Y DETERMINISMO BLANDO

Esta concepción unidireccional y determinista de la relación entre tecnología y sociedad ha propiciado, recientemente, algunos discursos *quasi* apocalípticos en los que el desarrollo tecnológico se percibe como la mayor amenaza para la cultura contemporánea. Basándose en la suposición de que tecnología y cultura constituyen, por principio, ámbitos, no sólo distintos, sino enfrentados u opuestos, Neil Postman, por ejemplo, habla de la “intrusión de una tecnología en la cultura” (Postman, 1994, 15) o de la tecnología como de “una enemiga especialmente peligrosa” (p. 10) para la cultura humana. En términos generales, la tecnología se interpreta, no sólo como un ámbito externo e independiente de la cultura, sino como un factor exterior que pone en serio riesgo su misma existencia. La tecnología actúa como un mecanismo de corrupción o empobrecimiento de la cultura.

Para Postman, la característica fundamental de la cultura tecnológica actual (que él denomina *tecnopolio*) es, precisamente, “la sumisión de todas las formas

<sup>17</sup> *Cultural lag*.

de vida cultural a la soberanía de la técnica y la tecnología” (1994, 62). En lugar de integrarse en la cultura –como ha ocurrido en épocas pasadas– la tecnología actual se inserta en la cultura como un “intruso” que redefine, subyugándolos, la religión, el arte, la familia, la política, la historia, la verdad, la privacidad y la inteligencia. Según Postman, la cultura tecnológica actual consiste, básicamente, en la *deificación* de la tecnología –lo cual significa que la cultura busca su autoridad en la tecnología, encuentra su satisfacción en la tecnología y recibe sus órdenes de la tecnología. Los seres humanos acaban estando al servicio de la tecnología y no, como sería deseable, a la inversa.<sup>18</sup>

La posición de Postman debe mucho a los trabajos de autores clásicos como Lewis Mumford y Jacques Ellul que comparten con él una valoración global pesimista del desarrollo tecnológico. A diferencia de Postman, sin embargo, estos investigadores no concibieron la tecnología como un *intruso* en la cultura, sino como una *expresión* de ella. Desarrollando un enfoque que ha sido calificado como de *sintomático* (Williams, 1975), según ellos las tecnologías constituyen signos o instancias de un proceso cultural más amplio y más profundo.

El interés de estos autores no se centra tanto en analizar tecnologías específicas como en explorar lo que consideran un todo homogéneo. Lewis Mumford, por ejemplo, concibe gran parte de la tecnología moderna como el componente principal de una ultrapoderosa *megamáquina*<sup>19</sup> que, siguiendo los preceptos máximos de la racionalización, la mecanización y la automatización de la vida, ha acabado subyugando a los organismos humanos y convirtiéndolos en simples engranajes de carne y hueso para su funcionamiento inexorable.

Al margen del innegable valor histórico y analítico de la monumental obra de Mumford, su perspectiva y la del resto de autores “sintomáticos”, supone el funcionamiento de una lógica causal opaca que da sentido a esos preceptos máximos de racionalización y automatización y a las tecnologías específicas en que éstos se manifiestan. De esta forma, el conjunto de las tecnologías modernas y contemporáneas parece constituir un todo coherente cuyos efectos se producen, igual-

<sup>18</sup> En cierto modo, la postura de Postman se apoya en la trillada oposición entre *cultura tecnológica* y *cultura humanística*. Charles Snow (1959) introdujo en este contexto la conocida distinción entre las *dos culturas*: en su opinión, el mayor problema de nuestra época es, precisamente, la oposición entre arte y ciencia o, siendo más precisos, la implacable hostilidad entre los intelectuales de letras (o humanistas) y los científicos naturales e ingenieros.

<sup>19</sup> Véanse dos de sus obras más importantes: Mumford (1967) y (1970). En esta misma línea Lewis Mumford introdujo, también, una famosa distinción entre tecnologías *democráticas* y *autoritarias*. Según Mumford (1979a) ambos tipos de tecnología han convivido desde la época neolítica: la tecnología autoritaria se centra en un sistema, es inmensamente poderosa pero inherentemente inestable, mientras que la tecnología democrática se centra en el ser humano, es relativamente débil pero muy perdurable y llena de recursos. Para Mumford, mientras que las tecnologías democráticas constituyen un elemento dinamizador y fortalecedor de la cultura, las tecnologías autoritarias pueden conducir a su precarización o, incluso, a su desaparición.

mente, de forma homogénea. El resultado puede caracterizarse como una forma de determinismo tecnológico “blando”.<sup>20</sup>

## DE LA EVOLUCIÓN DE LAS ESPECIES A LA EVOLUCIÓN DE LOS ARTEFACTOS

El determinismo tecnológico tiene un curioso equivalente –cuando menos, en lo que se refiere a la forma de argumentación– en el siglo pasado. Se trata del llamado *determinismo climático*: durante un tiempo, a principios del siglo XX, se puso de moda la idea de que el factor que mejor explicaba las diferencias culturales entre los distintos pueblos era el clima.<sup>21</sup> Se pensaba, por ejemplo, que el clima frío potenciaba la intimidad, la introversión y el trabajo intelectual, mientras que las temperaturas más moderadas favorecían la vida pública, la extroversión y el ocio.

La analogía formal con el determinismo tecnológico está bien clara: el clima, un factor independiente de la sociedad y de nuestra voluntad (no podemos hacer nada para cambiarlo o controlarlo), acaba configurando, es decir, determinando, nuestra forma de vivir. Las diferencias climáticas explican la diversidad cultural, de la misma forma que, desde el determinismo tecnológico, las diferencias tecnológicas son el factor más importante para dar cuenta de las diferencias entre los pueblos o las sociedades humanas.<sup>22</sup>

De hecho, las analogías entre el mundo natural y el ámbito de la tecnología han sido numerosas a lo largo de la historia. En el siglo XIX, algunos autores fuertemente impresionados por la obra de Darwin, intentaron aplicar la teoría de la evolución de las especies al desarrollo tecnológico. El arqueólogo británico Pitt Rivers, por ejemplo, señalaba que la tecnología, como la vida, se desarrolla de menor a mayor complejidad, a lo largo de pasos sucesivos, siguiendo un patrón arborescente en el que cada nivel da lugar a variaciones (innovaciones) que producen nuevos artefactos técnicos cada vez más adaptados a su función.<sup>23</sup> Las ideas de Pitt Rivers sugieren, por otra parte, que existe un único proceso histórico de evolución tecnológica por el que han de pasar, tarde o temprano, con pequeñas desviaciones y en distintos momentos, todas las culturas humanas.<sup>24</sup>

<sup>20</sup> Sobre la distinción entre distintas formas de determinismo, véase Bimber (1997).

<sup>21</sup> El instigador más célebre de esta perspectiva fue el geógrafo norteamericano Ellsworth Huntington (1876-1947).

<sup>22</sup> Es notoria, en este sentido, la tendencia de los arqueólogos a bautizar culturas prehistóricas con el nombre de sus herramientas características o de los materiales con que estaban construidas.

<sup>23</sup> Augustus Henry Lane-Fox Pitt Rivers (1827-1900) está considerado por muchos como el padre de la moderna arqueología. Véase URL <http://www.utexas.edu/courses/wilson/ant304/biography/arybios98/stephensbio.html>.

<sup>24</sup> Véase al respecto Basalla (1988).

La estrategia consistente en situar diferentes innovaciones técnicas en una secuencia cronológica lineal de desarrollo es, igualmente, uno de los tópicos más habituales en muchas historias de la tecnología. Algunas historias de la informática, por ejemplo, sitúan en una misma secuencia el ábaco chino, las calculadoras mecánicas, las tabuladoras y, finalmente, los ordenadores digitales. Es muy fácil hallar secuencias como ésta –con representaciones gráficas muy llamativas– en cualquier ámbito tecnológico. El desarrollo tecnológico se entiende, de esta forma, como una sucesión de invenciones o innovaciones donde cada eslabón conduce casi necesariamente –o “naturalmente”– al siguiente y donde cada artefacto parece haber sido diseñado con el objetivo de llegar a la situación presente, mediante aproximaciones sucesivas.

Uno de los deterministas tecnológicos más célebres en la actualidad es, sin duda, Robert L. Heilbroner. Este famoso economista afirma que el desarrollo tecnológico sigue, en efecto, una secuencia fija, por la que toda sociedad que progrese, tarde o temprano, debe transitar. En una conocida obra sostiene:

Creo que existe una secuencia de ese tipo: que el molino de vapor sigue al molino manual no por casualidad, sino porque es el siguiente “paso” en la conquista técnica de la naturaleza que sigue una y sólo una gran vía de avance. En otras palabras, creo que es imposible pasar a la era del molino de vapor sin haber pasado por la era del molino manual y que, a su vez, no podemos pasar a la era de la central hidroeléctrica sin haber dominado el molino de vapor ni a la era de la energía nuclear sin haber pasado por la de la electricidad (Heilbroner, 1997, 71).

Cuando se postulan este tipo de secuencias se acostumbra a identificar su *lógica propia* (es decir, la lógica interna del desarrollo tecnológico) con la mejora de la *eficiencia* de los artefactos técnicos. Se considera que cada innovación en un ámbito concreto produce un artefacto más eficiente que sus predecesores, es decir, que desarrolla su función con mayor eficacia,<sup>25</sup> menos consumo energético y menos efectos no deseados. Los ordenadores digitales, por ejemplo, son mucho más eficientes que las calculadoras mecánicas; el teléfono, que el telégrafo, y las centrales nucleares, que los molinos hidráulicos. La eficiencia, como motor interno de la innovación tecnológica, se interpreta, por lo demás, como un factor puramente técnico (o científico) universal, indiscutible e independiente de cualquier consideración social o valorativa.

La *racionalidad económica* es, de hecho, una suposición implícita en los modelos deterministas y mecanicistas del cambio tecnológico. La necesidad o fatalidad inherente al desarrollo tecnológico se basa en la consideración de que, en la mayoría de los casos, es *racional* adoptar ciertas innovaciones en lugar de otras. El cambio tecnológico sigue, desde este punto de vista, una lógica comparativa entre artefactos o innovaciones técnicas. Para autores como Daniel Bell este tipo

<sup>25</sup> Sobre la distinción entre eficacia y eficiencia, y entre eficiencia económica y tecnología véase el capítulo anterior.

de racionalidad, impuesta por la tecnología, constituye un cambio radical respecto a los antiguos patrones de racionalidad propios de las sociedades preindustriales.<sup>26</sup>

## TRAYECTORIAS NATURALES

La analogía entre el mundo natural y la tecnología y, más concretamente, entre la teoría de la evolución y la innovación tecnológica, ha sido, sin embargo, defendida con modelos mucho más sofisticados y empíricamente fundamentados en las últimas décadas, especialmente en el campo de la *economía de la innovación*.

Efectivamente, muchos economistas, durante las últimas décadas, han señalado las graves dificultades de las teorías neoclásicas para explicar satisfactoriamente los procesos de innovación tecnológica. En concreto, estos autores se han mostrado especialmente críticos con el concepto de *maximización del beneficio*, que consideran inadecuado para explicar el comportamiento real de las empresas respecto a la innovación tecnológica.<sup>27</sup>

Esta línea de trabajo ha dado lugar a una forma alternativa de pensamiento económico que ha sido llamada *economía evolutiva*. Nelson y Winter (1982), dos de sus máximos representantes, proponen una analogía explícita entre las rutinas –o cursos de acción– seguidas por las empresas y los genes. Según ellos, toda empresa se mueve en un contexto de selección (*selection environment*) –donde, además del mercado, tienen un papel destacado otras estructuras institucionales– que favorece la adopción de ciertas rutinas frente a otras. Los cambios tecnológicos, además, implican por definición una profunda incertidumbre por lo que respecta a los costes y beneficios futuros. Todo ello hace que, en estas condiciones, no exista una estrategia completamente “racional” que garantice la maximización del beneficio para las empresas.

Dejando a salvo las evidentes ventajas de los modelos evolucionistas, en lo concerniente a la explicación del comportamiento real de las empresas en relación con la innovación tecnológica, lo que aquí nos interesa señalar es que algunos de sus representantes han acuñado el concepto de *trayectorias naturales* para explicar las regularidades que hallamos en el desarrollo tecnológico (por ejemplo, la creciente mecanización de las actividades industriales o el aumento de la capacidad de procesamiento de los ordenadores). Este concepto se acerca mucho, en algunas interpretaciones, a la tesis de la tecnología autónoma: se considera que ciertas innovaciones, una vez establecidas, adquieren una especie de fuerza interna que marca o determina su desarrollo futuro.<sup>28</sup>

<sup>26</sup> Véase al respecto la obra clásica de Bell (1976, 222).

<sup>27</sup> Véase Elster (1997).

<sup>28</sup> Dosi (1982) es uno de los más importantes autores evolucionistas que defienden esta visión.

## PROBLEMATIZAR LOS IMPACTOS

Pese a que el desarrollo tecnológico es desde hace tiempo, como hemos visto, un tema de discusión recurrente en muchos ámbitos, sólo recientemente se ha convertido en objeto de análisis sistemático y explícito por parte de un grupo suficientemente amplio de investigadores. En cierto sentido, resulta paradójica la flagrante desproporción entre la descomunal cantidad de conocimientos tecnológicos de que disponemos y el poco conocimiento efectivo que aún tenemos *sobre* la tecnología –sobre su dinámica, sobre las fuerzas que la configuran, sobre sus efectos y sobre su relación con otros ámbitos sociales.

Durante la segunda mitad del siglo xx se han consolidado académicamente disciplinas como la historia de la tecnología, la filosofía de la tecnología,<sup>29</sup> la economía del cambio tecnológico o la gestión de la innovación. Pero es a partir de la década de los 80, cuando cristaliza un primer esfuerzo por constituir un frente de investigación verdaderamente interdisciplinario que permita el estudio global de un fenómeno tan poliédrico como la innovación tecnológica: los llamados *estudios de ciencia y tecnología*.<sup>30</sup> Desde esta nueva plataforma analítica han sido reexaminadas en detalle las tesis del determinismo tecnológico y la autonomía de la tecnología. A la luz de la evidencia proporcionada por un gran número de estudios de caso, en distintas áreas de la tecnología y en distintos períodos históricos y contextos sociales, se han esgrimido argumentos contundentes contra los diferentes aspectos del determinismo.

Como hemos visto anteriormente, la tesis del determinismo se apoya en gran medida en análisis de los efectos sociales de la tecnología. Siguiendo la terminología actual, el estudio de los impactos sociales de la tecnología acapara gran parte del esfuerzo intelectual por entender las relaciones entre tecnología y sociedad.

<sup>29</sup> Algunas obras destacables en el ámbito de la filosofía de la tecnología son Quintanilla (1988), Mitcham (1989) y Broncano (2000).

<sup>30</sup> *Science and Technology Studies*. Para una excelente recopilación de trabajos en este campo, véase Jasanoff *et al.* (1995). Aunque el interés por la tecnología, incluso en este nuevo campo, ha sido secundario y posterior temporalmente respecto al otorgado a la ciencia, al cabo de poco más de dos décadas, los estudios de tecnología han conseguido dibujar una imagen de la tecnología, fundamentada en un impresionante corpus de evidencia empírica, que, en mucho aspectos, se opone radicalmente a las perspectivas tradicionales. Sus principios metodológicos básicos pueden resumirse en los siguientes puntos: a) vocación marcadamente empírica de los estudios desarrollados; b) análisis de los procesos de innovación desde sus orígenes –y no sólo de los productos tecnológicos acabados; c) estudio de los períodos de inestabilidad (controversias, crisis, desacuerdos ...) –y no sólo de los de estabilidad– en el desarrollo tecnológico; d) estudio de todos los factores y agentes que intervienen en el cambio técnico –sin prejuicios previos sobre cuáles son elementos centrales y cuáles, contextuales o secundarios; e) integración de análisis económicos, políticos, sociológicos o filosóficos –sin otorgar privilegios, a priori, a ninguna perspectiva disciplinaria; y f) estudio de los episodios de innovación fracasada –y no sólo de los exitosos.

Actualmente, sin embargo, existen bases sólidas para cuestionar la metodología habitual y los supuestos fundamentales de tales estudios.

En primer lugar, el término impacto sugiere un proceso casi *mecanicista* en el que causas y efectos se enlazan automáticamente mediante una relación simple. El estudio de casos concretos, sin embargo, no abala en absoluto este extremo. No existe, por ejemplo, un vínculo directo e inmediato entre la máquina de vapor y la revolución industrial: las mediaciones entre uno y otro fenómeno son muy complejas y, en todo caso, se extendieron durante, como mínimo, un siglo! —el tiempo durante el cual las antiguas ruedas hidráulicas convivieron con las máquinas de vapor (Basalla, 1988).

En segundo lugar, los impactos son claramente *relativos* a su contexto social. Una misma tecnología tiene efectos muy distintos y experimenta desarrollos diferentes en configuraciones sociales y culturales diversas. Los magnificados efectos de la imprenta o de la pólvora en Europa, por ejemplo, fueron muy diferentes a los que se produjeron en China. Esta misma relatividad cultural en los efectos ha sido demostrada para innovaciones clásicas tan significativas como el estribo, la rueda o la brújula, aunque existen también numerosos estudios sobre innovaciones más modernas. Se ha demostrado, por ejemplo, que los sistemas de tranvías se desarrollaron más lentamente, aunque de forma más constante, en Europa que en los Estados Unidos (McKay, 1979) o que el centralismo autocrático del estado francés retardó la difusión del teléfono (Attali y Stourdze, 1977). En un estudio minucioso sobre el impacto de las TIC en las administraciones locales de los Estados Unidos, por último, los investigadores descubrieron que los ayuntamientos adoptaban y desarrollaban selectivamente, diferentes tipos de sistemas de información, según su forma de organización interna (Danziger *et al.*, 1982).

## LA OTRA CARA DE LA MONEDA

Son este tipo de estudios los que sugirieron a algunos especialistas la posibilidad de realizar, más allá de los clásicos estudios de impactos sociales de la tecnología, una exploración sistemática de la otra cara de la moneda: ¿qué efectos tiene el medio social —entendido de forma amplia— sobre la tecnología? Los factores sociales, organizativos, culturales o políticos, ¿influyen de alguna forma en el cambio tecnológico o en los procesos de innovación técnica? ¿Puede entenderse, en resumen, la relación entre tecnología y sociedad de un modo bidireccional?

La línea de investigación surgida de estos interrogantes se ha mostrado especialmente prolífica y fructífera y ha dado lugar, en las últimas dos décadas, a un gran número de estudios de caso<sup>31</sup> que apoyan la idea de que, efectivamente, le-

<sup>31</sup> Dichos estudios se han llevado a cabo sobre campos tan variados como la tecnología de control numérico, las redes urbanas de electrificación, los ordenadores digitales, las redes neuronales, los misiles balísticos intercontinentales, el motor Diesel, las barreras an-

jos de desarrollarse de forma autónoma, el cambio tecnológico está configurado por fuerzas y agentes de diverso orden. En cierto sentido –aunque más adelante matizaremos esta afirmación– las tecnologías son un producto de su circunstancia, es decir, reflejan el medio social en que son creadas:

It is sometimes said that we get the politicians we deserve. But if this is true, then we also get the technologies we deserve. Our technologies mirror our societies. They reproduce and embody the complex interplay of professional, technical, economic, and political factors. [...]Technologies always embody compromise. Politics, economics, theories of the strength of materials, notions about what is beautiful or worthwhile, professional preferences, prejudices and skills, design tools, available raw materials, theories about the behaviour of the natural environment – all of these are thrown into the melting pot whenever an artifact is designed or built (Bijker y Law, 1992).

La influencia del contexto en el diseño y desarrollo de la tecnología puede analizarse utilizando diversas estrategias. Una forma relativamente directa de apreciar este fenómeno consiste en examinar la forma en que una misma tecnología se desarrolla y difunde en contextos sociales diferentes aunque coetáneos. Además de los ejemplos mencionados más arriba, resulta sorprendente observar, por ejemplo, las considerables diferencias en el diseño de las barreras antimarea desarrolladas en la costa holandesa y las construidas en la costa inglesa, a sólo unas pocas decenas de kilómetros de distancia, en circunstancias geofísicas muy similares y bajo un mismo corpus de conocimientos científicos en dinámica de fluidos o en resistencia de materiales (Bijker, 1994).

El historiador de la tecnología Thomas Hughes describió una situación muy parecida en su análisis del desarrollo de las redes de generación y distribución de energía eléctrica (Hughes, 1983). Comparando las redes eléctricas de Londres, París, Berlín y Chicago en 1920, se aprecian diferencias muy importantes, no sólo respecto a la cantidad de luz o energía generada (una diferencia obvia de explicación trivial), sino en la forma en que ésta se genera, transmite y distribuye. Mientras que en Berlín existían media docena de grandes centrales, en Londres había alrededor de cincuenta de tamaño muy inferior.

Diferencias similares, explicables únicamente por la variedad en los elementos contextuales, han sido analizadas en tecnologías como los barcos de vapor (entre los construidos en el río Hudson y en el Mississippi), el diseño de turbinas hidráulicas (entre los ingenieros franceses y los norteamericanos), los automóviles o los vehículos espaciales (entre los diseños soviéticos y los norteamericanos). Hughes (1987) propone el concepto de *estilo tecnológico* para describir este fenómeno tan usual que contradice flagrantemente la tesis de la autonomía de la tecnología.

Otra estrategia usual para detectar el influjo de factores sociales en el desarrollo de la tecnología ha consistido en analizar episodios en los que se plantean

timarea, las centrales nucleares, los transbordadores espaciales, las bicicletas o los automóviles eléctricos, por citar sólo algunos ejemplos. Dos de las recopilaciones de trabajos más importantes son Mackenzie y Wajcman (1992) y Bijker, Hughes y Pinch (1987).

disyuntivas tecnológicas: momentos en los que existen diversas opciones técnicas para resolver un problema similar o en los que una innovación se propone como alternativa a una tecnología existente. En un estudio que ha devenido clásico, el historiador David Noble analizó la situación que se produjo en la industria manufacturera de los Estados Unidos, a principios de la década de los 50, cuando dos innovaciones paralelas compitieron en la automatización de las máquinas herramienta: la tecnología del control numérico y la de grabación-reproducción. Sin obviar los detalles más técnicos de ambas alternativas, el trabajo de Noble muestra cómo la tecnología de control numérico se impuso en la industria norteamericana, gracias a una conjunción de factores entre los que cabe destacar la cultura propia de la profesión ingenieril –que por diversos motivos no se identificaba con la opción de la grabación-reproducción– y, especialmente, la coyuntura específica de las relaciones entre capital y trabajo –en concreto, la tendencia de empresarios y directivos a reducir al mínimo el control de los trabajadores sobre el proceso productivo (Noble, 1985).

En otro conocido estudio sobre el desarrollo de la bicicleta durante la segunda mitad del siglo XIX, los investigadores Trevor Pinch y Wiebe Bijker (1987)<sup>32</sup> analizaron detenidamente la influencia que distintos actores sociales tuvieron en el diseño de diversos prototipos y modelos de bicicleta, en un proceso que culminó en la última década del siglo con la difusión de la denominada bicicleta *segura*<sup>33</sup>. El estudio identificó, en primer lugar, los *grupos sociales relevantes*, es decir, aquellos grupos de personas, más o menos articulados, que asociaban objetivos, preocupaciones y valores similares a un artefacto. En el caso de la bicicleta fueron considerados actores de ese tipo los jóvenes deportistas, las mujeres o los anticiclistas, por ejemplo. La dinámica que se estableció entre estos grupos sociales y los diseñadores y fabricantes de bicicletas generó una serie de innovaciones y variantes técnicas que fueron adoptadas, en unos casos, o modificadas o abandonadas en el proceso de difusión, en otros.

El análisis de Pinch y Bijker se centró, especialmente, en algunos aspectos técnicos de la bicicleta como el neumático o el tamaño de las ruedas. El neumático, por ejemplo, fue desarrollado como una solución al problema de la vibración causado por las ruedas rígidas. Tal problema, sin embargo, no era considerado particularmente acuciante para uno de los grupos sociales más interesados: los jóvenes deportistas. Éstos, junto a algunos ingenieros y mecánicos, veían el neu-

<sup>32</sup> Este artículo puede considerarse *seminal* en el ámbito del estudio social de la tecnología. Fue el primer trabajo en que se intentaba aplicar herramientas conceptuales y metodológicas de la sociología del conocimiento científico al análisis de la tecnología. En concreto, los autores ofrecieron una adaptación del modelo EPOR (*Empirical Programme of Relativism*), desarrollado por Harry Collins (1981) y (1985) al ámbito de la tecnología; el denominado modelo SCOT (*Social Construction of Technology*).

<sup>33</sup> *Safety bicycle*. Las características básicas de este modelo de bicicleta son las ruedas bajas, el cuadro en forma de diamante y una cadena de transmisión entre los pedales y la rueda trasera –todas estas características se mantienen en la actualidad en los modelos más difundidos de bicicleta: la bicicleta de paseo, la de montaña y la de carretera.

mático como un elemento antiestético e inseguro. La controversia generada respecto al neumático se inclinó, sin embargo, a favor del resto de usuarios, no sin que su principal defensor comercial, la empresa Dunlop, hubiera de *retraducir* el objetivo de esa innovación al de aumentar la *velocidad* potencial del artefacto.<sup>34</sup>

Otra valiosa fuente de datos sobre la intervención de agentes sociales en la configuración del desarrollo tecnológico es el enfrentamiento entre empresas o corporaciones rivales a la hora de establecer estándares técnicos para un artefacto. En esta línea, por ejemplo, un caso sorprendente, por el tipo de tecnología implicada, es el de la controversia sobre la aritmética utilizada por los ordenadores digitales. Donald MacKenzie (1996b) estudió el proceso que, iniciado a mediados de los 70, culminó en 1985 con el establecimiento del Estándar 754 por parte del IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*). A pesar del consenso general sobre la aritmética “humana”, durante ese período se generó una intensa controversia sobre el tipo de aritmética más adecuada para los ordenadores digitales: una aritmética denominada de *coma flotante*. Básicamente, las discusiones se centraron en dos opciones técnicas que se apoyaban en dos aritméticas de coma flotante diferentes: la de ‘*Gradual Underflow*’ y la de ‘*Flush to Zero*’. Los defensores de cada una se esforzaron en esgrimir objeciones sobre la otra, pero el hecho que hizo desequilibrar la balanza finalmente fue el vínculo existente entre el inventor de la técnica de *Gradual Underflow* (W. Kahan), la empresa Intel y otros fabricantes de chips en Silicon Valley –una alianza a la que DEC (*Digital Equipment Corporation*), el mayor fabricante de miniordenadores de la época y máximo defensor del *Flush to Zero*, no pudo oponerse en último término.

## INGENIERÍA HETEROGÉNEA

La conclusión obvia que puede extraerse de estudios como éstos es que, lejos de desarrollarse de forma autónoma al hilo de una supuesta lógica propia, el desarrollo tecnológico se halla fuertemente condicionado por una gran variedad de factores que, en principio, no denominaríamos estrictamente *técnicos*. En general, los estudios empíricos apoyan la idea de que determinados agentes sociales –desde grupos específicos de usuarios, hasta corporaciones empresariales, pasando por agencias gubernamentales o asociaciones profesionales– influyen de forma decisiva en la dirección del cambio tecnológico, no sólo inclinándolo en un sentido particular cuando se plantea una disyuntiva técnica, sino marcando ciertas directrices en el diseño de nuevos artefactos. En estos casos, las decisiones tomadas no son explicables, únicamente, a partir de consideraciones puramente técnicas. Es, precisamente, gracias a un impresionante corpus de estudios de caso como éstos que ha ganado credibilidad, entre numerosos especialistas, la tesis de que la tecnología se halla *configurada o construida socialmente*.<sup>35</sup>

<sup>34</sup> Para un análisis más detallado de este caso véase Bijker (1995).

<sup>35</sup> Una exposición de las diferentes perspectivas teóricas y metodológicas que conviven en el paradigma constructivista, se ofrece en Aibar (1996).

El abanico de factores sociales que intervienen en la configuración del cambio tecnológico es, sin embargo, muy diverso. En ocasiones se trata de relaciones de poder entre clases o grupos sociales; en otras, de los intereses específicos de distintos grupos de usuarios; las relaciones de competencia entre empresas pueden ser determinantes a veces; otras lo es, más bien, la estructura organizativa de la empresa en que se desarrolla la innovación o el enfrentamiento entre distintas culturas ingenieriles. Una consecuencia importante de esta manifiesta variabilidad es que en el término *construcción social*, no podemos equiparar 'social' a 'sociológico'; el término social se utiliza en este contexto de forma mucho menos restrictiva e incluye aspectos económicos, políticos, psicológicos o históricos (Bijker y Law, 1992, 5).

La tecnología es, en cualquier caso, una entidad de naturaleza eminentemente *heterogénea*: los artefactos técnicos encarnan compromisos, intercambios y tensiones sociales, políticas, económicas, profesionales, así como habilidades, conocimientos especializados, posibilidades o expectativas de tipo muy diferente. Este aspecto ha sido puesto de relevancia por numerosos estudios sobre el tipo de acciones e iniciativas que se despliegan en los episodios de innovación. Al analizar el comportamiento de los innovadores exitosos se observa que su trabajo puede conceptualizarse como una empresa de construcción de *redes* que combinan de forma estable elementos técnicos, sociales y económicos.

En un famoso estudio sobre la figura de Edison, el historiador Thomas Hughes ha descrito con detalle el proceso que condujo al diseño de la bombilla eléctrica incandescente y a la posterior difusión de los sistemas urbanos de iluminación eléctrica (Hughes, 1985). El análisis minucioso de los cuadernos de Edison muestra claramente cómo sus razonamientos combinaban de forma ingeniosa consideraciones de tipo económico, técnico y científico. Fue precisamente la heterogeneidad de dichos argumentos, en que se mezclaban hábilmente los precios del cobre, la ley de Ohm, la necesidad estimada de potencia lumínica y el coste de la iluminación rival por gas, lo que le movió a seguir vías inexploradas hasta entonces, como la utilización de filamentos incandescentes de alta resistencia.

La labor de inventores-emprendedores como Edison ha sido bautizada por Hughes como la de *construcción de sistemas*: se trata de personajes que intentan proporcionar a sus invenciones las características económicas, políticas y sociales, necesarias para su supervivencia. En cierto modo es como si, al mismo tiempo que diseñan el nuevo artefacto, se esforzaran también por construir un *contexto social* adecuado para él. La labor del ingeniero heterogéneo constituye, en ese sentido, una fenomenal tarea *socio-técnica* que intenta *traducir* grandes cuestiones sociales (la iluminación pública de las ciudades) a problemas técnicos locales (filamentos incandescentes, resistencia eléctrica) mediante una serie de intermediarios que convierten al laboratorio de I+D o al proyecto tecnológico de que se trate, en un verdadero *punto de paso obligado* para todo agente interesado en resolver los "grandes problemas" de la sociedad (Latour, 1996, 33).

De forma ejemplar y con objeto de transformar su *invención* en una verdadera *innovación*, Thomas Edison trabaja con otros inventores, gerentes y financieros y funda diferentes compañías para establecer un complejo sistema de pro-

ducción y utilización de electricidad: la *Edison Electric Light Company* para financiar su invención patentarla y desarrollar el sistema de iluminación eléctrica, la *Edison Electric Illuminating Company of New York* como primera central urbana, la *Edison Machine Works* para manufacturar las dinamos patentadas por él, etc. El constructor de sistemas socio-técnicos se esfuerza por “aumentar el tamaño del sistema que está bajo su control y de reducir el tamaño del entorno que no lo está” (Hughes, 1987, 66).

La imagen tradicional del genio inventor aislado resulta obviamente menos cabada por el concepto de ingeniería heterogénea. Incluso en el caso de Edison, que intentó mantener siempre un control personal sobre todo el sistema, la intervención directa de numerosas personas justifica la afirmación de que la innovación tecnológica es siempre, en último término, resultado de una *acción colectiva*. Además, el progresivo despliegue de la red, que supone el proceso de transformación de la invención en innovación, involucra a un número creciente de agentes –así como, obviamente, a una cantidad mayor de recursos y tiempo. Durante ese proceso, el artefacto no pasa indemne a través de cada nuevo nodo de la red: resulta continuamente modificado y puede acabar guardando un parecido muy débil con el prototipo inicial. Esta situación tan usual ocasiona habitualmente graves conflictos cuando se intenta atribuir la autoría o la responsabilidad última sobre una innovación a un agente singular –una cuestión que puede poner en juego, como es sabido, ingentes sumas de capital y que el sistema de patentes tratar de regular con un éxito dudoso.

Son muchos los conflictos de ese tipo que han sido descritos en la literatura. Rudolf Diesel, por ejemplo, es conocido popularmente como inventor del célebre motor que lleva su nombre: un motor capaz de trabajar con un rendimiento mucho más alto que las máquinas vapor y basado en el principio de alcanzar la ignición sin un aumento de la temperatura –una posibilidad que Diesel extrajo de los principios termodinámicos de Sadi Carnot. En 1887 registró una patente en la que describía un motor de ese tipo –aunque, hasta entonces, aún no había sido capaz de construir ni siquiera un prototipo. Para desarrollar el motor Diesel se vio obligado a aliarse con un grupo de empresas interesadas en su idea (MAN).

Con la colaboración de los ingenieros de MAN, en 1897 se presenta en público el motor, que ya en ese momento es muy diferente de la patente original –la idea de la temperatura constante, por ejemplo, ha sido reemplazada por la de presión constante. Pero el continuo de modificaciones, más o menos importantes, no acaba ahí y, cuando a finales de la primera década del siglo XX, el proceso se estabiliza, después de que diferentes firmas, ingenieros y clientes se hayan sumado a la empresa de mejorar el motor y adecuarlo a usos específicos, tiene lugar una intensa polémica sobre la paternidad del artefacto. Diesel, poco antes de suicidarse, argumenta vehementemente, durante una reunión de la Sociedad Alemana de Ingenieros Navales, que el artefacto final se trata de su motor original, que simplemente ha sido desarrollado por otros. Algunos de sus colegas en el congreso, sin embargo, sostienen que el nuevo motor y la patente original tienen, como mucho, un débil parecido y que casi todo el mérito debe atribuirse a los cen-

tenares de ingenieros que han sido capaces de transformar una idea impracticable en un producto comercializable (Latour, 1987, 106).

Un caso similar podemos hallarlo en los orígenes de la tecnología más importante de nuestros días: el ordenador digital. Efectivamente, aunque usualmente se atribuye a John von Neumann la paternidad del que suele considerarse el primer ordenador digital con programa almacenado de la historia, EDVAC –sucesor del mítico ENIAC–, la cuestión ha dado lugar a una cierta polémica. En este caso, además, la controversia, no sólo involucró a sus colegas de la Moore School en la Universidad de Pennsylvania –bastante molestos por el protagonismo que von Neumann se autoatribuía, reiterada y públicamente, en una invención que consideraban más bien fruto de un trabajo colectivo– o a los historiadores de la tecnología, sino que acabó desembocando en un proceso judicial cuando von Neumann fue demandado por dos de los responsables máximos del proyecto EDVAC, Pres Eckert y John Mauchly (diseñadores de ENIAC).<sup>36</sup>

Expresiones como *motor Diesel* o *arquitectura von Neuman* deben interpretarse, en resumen, como *epónimos* de la acción colectiva, más que como atribuciones de paternidad individual sobre las invenciones. Los actores individuales pueden considerarse impulsores o inspiradores más o menos importantes en el proceso de innovación, pero no como agentes causales únicos.

## TRAYECTORIAS NATURALES O INSTITUCIONES SOCIALES

Por lo que respecta a la supuesta existencia de *trayectorias naturales* en el desarrollo tecnológico –como la definida por la anteriormente citada *ley de Moore*–, es cierto que, en algunos casos, se produce consenso entre los tecnólogos sobre la pauta de evolución futura de una tecnología. Esa pauta, además, puede influir indirectamente en sus proyectos. Los diseñadores de superordenadores, por ejemplo, se basan en una estimación de este tipo para crear nuevas máquinas. La estimación de la ley de Moore acaba teniendo un peso determinante en la evolución real de los superordenadores porque los diseñadores intentan, mediante diversas estrategias (con componentes más rápidos o, si esto no es suficiente, modificando la arquitectura para aumentar el nivel de paralelismo), satisfacer las predicciones de la estimación. El resultado importante es que la conducta de los actores se encamina, en algunos casos, más hacia la satisfacción de una expectativa previa de crecimiento que hacia una optimización del proceso de innovación (MacKenzie, 1992).

La evidencia disponible sugiere, pues, que leyes como la de Moore funcionan más como *profecías que se autocumplen* que como simples descripciones de un proceso supuestamente natural. En cierta forma es como si este patrón regular de desarrollo tecnológico existiese, en gran medida, porque los tecnólogos afectados (y otros actores relacionados) estuviesen convencidos de su existencia o, sim-

<sup>36</sup> Véase al respecto Metropolis *et al.* (1980).

plemente, la diseñen por supuesta sin cuestionarla seriamente o sin considerar otras alternativas.

El desarrollo y la difusión del giroscopio láser a principios de los 80 se debe, en parte, a un fenómeno de ese tipo.<sup>37</sup> En un momento dado, las compañías que competían en el mercado de los sistemas inerciales de navegación debieron tomar una decisión respecto al tipo de proyectos al que destinar los fondos para desarrollo. Aunque no existía un acuerdo generalizado entre los expertos, algunos de ellos auguraban una revolución en los sistemas de navegación aérea gracias a la nueva tecnología basada en el láser. Las empresas del sector debían decidir si esa revolución era probable en el futuro y si, en caso afirmativo, serían capaces de competir mediante el desarrollo de giroscopios mecánicos como los que por entonces fabricaban. La gran mayoría de estas empresas optó por no arriesgarse a quedar obsoletas y destinaron sus esfuerzos de I+D a diferentes proyectos de giroscopios láser.

Esta decisión hizo que, en poco tiempo la intuida revolución fuera una realidad: a finales de los 80 los giroscopios láser en el mercado eran considerados inequívocamente superiores a sus predecesores mecánicos. Los defensores de los sistemas mecánicos argumentaron que si los fondos para desarrollo se hubieran repartido equitativamente entre los dos sistemas rivales, ellos habrían mejorado las prestaciones de los giroscopios láser. Algo que, obviamente, nunca podrá comprobarse.

Este tipo de episodios nos lleva a concluir que no hay nada “natural” en las trayectorias tecnológicas. Éstas pueden explicarse mejor como *instituciones*, en el sentido sociológico del término: estructuras que se mantienen a lo largo del tiempo, pero no por una lógica interna que las dota de una secuencia necesaria de evolución, sino por los intereses que acompañan a su desarrollo y por la creencia de que continuarán existiendo en el futuro. Ello, naturalmente, no significa que cualquier trayectoria tecnológica se pueda mantener únicamente por la creencia en su regularidad –la historia de la tecnología está llena de predicciones y expectativas que han resultado flagrantemente erróneas–, pero desacredita, en último término, la tesis de la tecnología autónoma, al hacer de las expectativas de éxito un componente fundamental de la futura difusión de una innovación.<sup>38</sup>

## ÉXITO Y SUPERIORIDAD TÉCNICA

El caso del giroscopio trae a escena otro aspecto problemático de la tesis de la autonomía de la tecnología. Algunos historiadores económicos de la tecnología han insistido en que, a menudo, las innovaciones tecnológicas muestran *ren-*

<sup>37</sup> Véase MacKenzie (1990, 182 ss).

<sup>38</sup> “[...] A belief in the future success of a technology can be a vital component of that success, because it encourages inventors to focus their efforts on the technology, investors to invest in it, and users to adopt it” (MacKenzie, 1996a, 7).

*dimientos crecientes por adopción*,<sup>39</sup> es decir, cuanto más se difunde su uso, más experiencia se acumula sobre ellas, más se invierte en su desarrollo y, consecuentemente, devienen mejores o más útiles. En palabras de Brian Arthur:

When two or more increasing-returns technologies compete for adopters, insignificant “chance” events may give one of the technologies an initial adoption advantage. Then more experience is gained with the technology and so it improves; it is then further adopted, and in turn it further improves. Thus the technology that by “chance” gets off to a good start may eventually “corner the market” of potential adopters, with the other technologies gradually being shut one (Arthur, 1984, 10).

Aunque este fenómeno se agudiza especialmente en las tecnologías en red (como el teléfono o Internet) en que el valor y la utilidad de la tecnología para un usuario individual depende, en gran medida, del número global de usuarios, también se halla presente en el resto de tecnologías. En un célebre estudio, por ejemplo, Paul David (1986) ha investigado el origen del teclado QWERTY que aparece en nuestros ordenadores y en nuestras antiguas máquinas de escribir. Lo que resulta más interesante de esta familiar distribución de las letras es que, a pesar de los distintos diseños alternativos propuestos a lo largo de los últimos 120 años y de su probada superioridad, el ineficiente teclado QWERTY ha resultado inamovible y no hay visos de que el futuro cambie a medio plazo por lo que a él respecta.

Un teclado patentado en 1932, por ejemplo, el *Dvorak Simplified Kweyboard*, permite una velocidad de escritura superior en un 20 o 40 % y diversos experimentos han probado que el coste de reciclar a un mecanógrafo en este nuevo teclado, se amortizaría durante los primeros 10 días de su trabajo con la nueva máquina. La situación resulta aún más intrigante si sabemos que QWERTY fue ideado para impedir que los brazos de las letras consecutivas no chocaran entre sí, encallando el mecanismo: una razón que dejó de tener sentido cuando mejoraron los dispositivos mecánicos de las máquinas y que resulta directamente absurda en las máquinas eléctricas, en las electrónicas o en los teclados de ordenador.

De hecho, ya durante la primera década de existencia de QWERTY, a finales del siglo pasado, surgieron diversos diseños mucho más eficientes: más veloces y menos propensos a errores. La razón por la que QWERTY se impuso de forma tan sólida es una combinación de dos factores: por un lado, una ligera ventaja nacida de su temprana asociación con un potente fabricante de armas, Remington, dispuesto a manufacturar máquinas de escribir; por otro, el ‘rendimiento creciente de su adopción’ causado por el establecimiento de un complejo sistema en que se autorreforzaron los empresarios que compraron las máquinas, los empleados que aprendieron su uso, las academias que empezaron a enseñarlo, la acu-

<sup>39</sup> *Increasing returns to adoption*. Los más conocidos proponentes de este concepto son Brian Arthur y Paul David.

mulación de experiencia en el uso (con la mejora de las técnicas de mecanografía que culminó con el sistema de 8 dedos), etc. En resumen, el sistema socio-técnico nacido con la difusión de QWERTY amplificó enormemente su ligera ventaja inicial haciendo inviable, hasta la fecha, cualquier alternativa.

Este ejemplo nos sirve para reconsiderar la noción de *éxito* tecnológico. Contrariamente a la percepción habitual, casos como el de QWERTY nos autorizan a sostener que ciertas tecnologías se convierten en las “mejores” porque triunfan, en lugar de triunfar porque son las mejores (MacKenzie, 1996a, 7). En otras palabras: parece que no siempre la difusión de una tecnología es consecuencia de su mayor eficiencia o de su “buen funcionamiento”; una tecnología puede conseguir un nivel de eficiencia superior al de sus rivales, precisamente, porque, por motivos diversos, ha conseguido una mayor difusión inicial.

Ello tiene una consecuencia metodológica crucial para el analista: a la hora de explicar el éxito o la difusión de una tecnología no debemos recurrir, sin más, a su *superioridad intrínseca*. Paralelamente, a la hora de explicar el fracaso de una tecnología no es conveniente situar la causa, automáticamente, en su funcionamiento deficiente o en su inferioridad respecto a otras alternativas. Si hubiéramos operado de esa forma en los casos del giroscopio láser y del teclado QWERTY, habríamos promovido una imagen muy distorsionada de ambos episodios.

En términos más técnicos, podemos decir, por un lado, que el “funcionamiento correcto” o la “superioridad” de una tecnología deben ser consideradas, por el analista, como parte de lo que hay que explicar y no como la explicación última de su éxito. Por otro lado, debemos mantener un cierto *principio de simetría* a la hora de explicar el éxito o el fracaso de las innovaciones tecnológicas:

An asymmetrical explanation might, for example, explain the commercial success of an artifact that we now consider to be working by referring to that “working”, while the failure of that same artifact in another context might be explained by pointing at social factors. In a symmetrical explanation, “working” and “nonworking” will not figure as causes for a machine’s success or failure (Bijker, 1995, 15).

Ello no significa, obviamente, que el “funcionamiento correcto” sea una propiedad subjetiva que dependa exclusivamente de los ojos del observador, sino que en lugar de considerarlo una característica intrínseca del artefacto, dada desde el principio, debe interpretarse como una consecuencia o *logro* de un proceso temporal en el que inciden diferentes factores.

En el marco de las concepciones tradicionales de la tecnología y, en especial, en la perspectiva de la autonomía de la tecnología, la superioridad o inferioridad intrínseca de tecnologías específicas se suele cifrar en términos de su eficiencia. La idea implícita en estas visiones del cambio tecnológico es que la lógica interna que subyace al desarrollo tecnológico es la de una progresión continua hacia artefactos cada vez más eficientes. En este extremo radica, por cierto, para muchos autores la racionalidad del cambio tecnológico.

Algunos críticos acusan a la perspectiva constructivista que estamos exponiendo de negar cualquier papel a la eficiencia en la explicación del desarrollo

tecnológico –y, consecuentemente, de transformar así la historia de la tecnología en un proceso absolutamente irracional.<sup>40</sup> Se trata, sin embargo, de una interpretación errónea: los estudios constructivistas que hemos revisado defienden que la determinación del papel que desempeñan los criterios de eficiencia en cualquier proceso de innovación es una cuestión eminentemente *empírica* que no puede establecerse *a priori*.

La observación empírica muestra, en ese sentido, dos cosas. Por un lado, aunque en algunos casos existe una mención explícita, por parte de los actores implicados, de los criterios de eficiencia y éstos, efectivamente, desempeñan un papel central, en otras ocasiones, como hemos visto, son otro tipo de consideraciones o factores los que priman; por otro, aun en aquellos episodios de confrontación entre diversas opciones técnicas en que la eficiencia deviene un elemento nuclear, pueden enfrentarse diversos criterios alternativos de eficiencia. Se producen, entonces, intensas controversias acerca de qué parámetros y con qué peso relativo, deben ser tenidos en cuenta a la hora de comparar artefactos o innovaciones rivales.

Un ejemplo muy ilustrativo lo tenemos en el caso de los superordenadores. Todos estamos de acuerdo en que la velocidad de funcionamiento de estos artefactos es un elemento central a la hora de establecer su eficiencia relativa. Un estudio reciente<sup>41</sup> ha mostrado cómo, a pesar de que los agentes implicados en el desarrollo de superordenadores desde finales de los 50 –fabricantes como Seymour Cray y clientes como los laboratorios de armamento nuclear, agencias estatales de seguridad, universidades, empresas, etc.– compartían también esa idea, existían diferencias notables entre ellos respecto a qué debía entenderse por “velocidad” y a cómo debía medirse.

En el caso anteriormente examinado de la bicicleta también puede rastrearse la tensión entre diversos criterios alternativos de eficiencia ligados, obviamente, a los intereses y objetivos específicos que cada uno de los agentes implicados asociaba al artefacto. En general, puede afirmarse que expresiones como “la mejor tecnología” o “la tecnología más eficiente” no tienen sentido al margen del contexto de uso y, por tanto, de los distintos tipos de usuarios. Siempre es necesario preguntar “mejor” *para quién* o en función de *qué objetivos o intereses*: “there is no one best way to paint the Virgin; nor is there one best way to build a dynamo” (Hughes, 1987, 68).

## DEL MODELO LINEAL AL MODELO MULTIDIRECCIONAL

Tanto la tesis de la autonomía de la tecnología como la inclinación a identificar trayectorias “naturales” en el desarrollo tecnológico descansan, a menudo, en

<sup>40</sup> Véase, en ese sentido, la obra de Broncano (2000, 54) que, por otro lado, ofrece una excelente exposición y discusión de las temáticas actuales en la filosofía de la tecnología.

<sup>41</sup> Mackenzie (1996b).

una forma particular de interpretar la historia de la tecnología: la visión retrospectiva, también denominada historia *whig*<sup>42</sup>. Esta estrategia historiográfica ancestral consiste, básicamente, en rastrear la evolución de un artefacto desde el presente hacia el pasado con objeto de identificar sus precedentes o precursores.<sup>43</sup> El resultado de los estudios históricos escritos con esta técnica es una narración cronológica en que las distintas variaciones o versiones de un artefacto se despliegan ordenadamente, a través de una secuencia lineal, en un proceso evolutivo continuo. Este tipo de series lineales, ilustradas convenientemente mediante sucesiones de imágenes, ha proliferado en todo tipo de ámbitos tecnológicos y se ha convertido en una forma familiar de representar el desarrollo tecnológico. Así es como se nos presenta habitualmente la evolución de los primeros triciclos hasta las modernas bicicletas de competición o la de los primeros biplanos hasta los transbordadores espaciales.

El efecto que causan estas secuencias es conocido: parece como si el pasado desembocase naturalmente en el presente; como si todas las decisiones pasadas hubieran sido tomadas con el único objetivo de alcanzar la situación actual. Consecuentemente, cada nueva versión del artefacto o tecnología en cuestión, no es más que una aproximación más sofisticada y ajustada a su versión actual. Se trata, sin embargo, de una forma teleológica de entender el cambio tecnológico que actualmente es rechazada por la mayor parte de investigadores. En primer lugar, presenta graves deficiencias metodológicas desde el punto de vista de la historiografía contemporánea: tiende a pasar por alto aquellos desarrollos o variantes de una tecnología que no encajan en la serie y, consecuentemente, privilegia la narración hecha desde el punto de vista de los “ganadores”: en contra de lo que hemos observado anteriormente, el éxito de una tecnología se presenta entonces como una consecuencia obvia y “natural” de su superioridad intrínseca sobre las alternativas descartadas. En segundo lugar, sugiere un vínculo natural, necesario o inevitable entre los distintos eslabones de la cadena. Por último, presenta el cambio técnico como un proceso absolutamente autónomo respecto del medio social y cultural.

La visión teleológica se apoya, por lo tanto, en un *modelo lineal* del desarrollo tecnológico. Este modelo, utilizado no sólo analíticamente sino como base en el diseño de políticas científicas, postula una secuencia de etapas parecida a ésta: ciencia básica, ciencia aplicada, desarrollo tecnológico, desarrollo del producto, difusión y uso.<sup>44</sup> O como rezaba el conocido lema de la Exposición Universal de Chicago de 1933: “la ciencia descubre, el genio inventa, la industria aplica y el hombre se adapta...”.

<sup>42</sup> Véase URL <http://www.earthvisions.net/hsci/scienceStudies/petal/whig.html>.

<sup>43</sup> Véase al respecto Staudenmaier (1985). Esta obra examina la evolución de las técnicas y perspectivas historiográficas sobre la tecnología durante las décadas de los 60 y 70 –etapa crucial en el desarrollo de esta disciplina–, a través de un examen riguroso de todos los artículos publicados en la prestigiosa *Technology and Culture*, publicación oficial de la *Society for the History of Technology* (SHOT).

<sup>44</sup> Existen, naturalmente, diversas formulaciones del modelo lineal.

La imagen del desarrollo tecnológico que se desprende de nuestra exposición es, sin duda, muy diferente. En lugar de un desarrollo lineal o de una estructura arborescente de menor a mayor complejidad y diversidad, la evolución de la tecnología se parece más a una red de caminos entrecruzados, de distintas anchuras, algunos de los cuales quedan de repente truncados para siempre, mientras que otros se retoman al cabo de un tiempo o se fusionan entre sí. Se trata, en resumen, de un modelo *multidireccional* que, en ningún caso, puede ser representado linealmente: no existe una línea directa que lleve de las herramientas de sílex neolíticas a las estaciones orbitales actuales.<sup>45</sup> La imagen que mejor lo ilustra es, sin duda, la de la red o *rizoma*<sup>46</sup>.

El modelo multidireccional se diferencia del lineal en otros aspectos importantes. No descansa, por ejemplo, en una concepción simplista de la tecnología como *ciencia aplicada*. En primer lugar, la distinción entre ciencia pura o básica y ciencia aplicada, aunque suele establecerse analíticamente en algunas perspectivas teóricas en filosofía de la ciencia, resulta difícil de sostener empíricamente al examinar ámbitos científicos concretos.<sup>47</sup> En la práctica científica no son extrañas las controversias al respecto y aun cuando un cierto consenso exista a veces, en un ámbito concreto, resulta muy problemático generalizarlo a otras disciplinas o, incluso, subdisciplinas. En segundo lugar, la relación entre tecnología y ciencia se produce, en todo caso, también en el sentido inverso: algunas teorías científicas intentan teorizar o explicar fenómenos producidos tecnológicamente. A pesar de ello, existe una tendencia historiográfica a magnificar el fundamento científico de las innovaciones tecnológicas y, paralelamente, a minimizar el componente tecnológico de la actividad científica.<sup>48</sup>

Otras fases del modelo lineal son igualmente problemáticas. En un estudio sobre el desarrollo de la lámpara fluorescente de alta intensidad, por ejemplo, Bijker (1992) muestra cómo el diseño de esta innovación tecnológica tuvo lugar, principalmente, durante lo que los economistas considerarían la fase de *difusión*. La lámpara fluorescente fue creada en un esfuerzo conjunto por parte de los ejecutivos de las empresas manufactureras de bombillas eléctricas y las pequeñas centrales eléctricas, y no como un producto diseñado por un grupo de ingenieros trabajando en un departamento de I+D.

Otro aspecto importante del modelo multidireccional es que, en lugar de enfatizar la *necesidad* inherente al desarrollo tecnológico –el hecho de que cada pa-

<sup>45</sup> Véanse Bijker (1995 ss.) y Latour (2001, 252). Este último utiliza el concepto de *modelo de traducción* en un contexto similar.

<sup>46</sup> Para una profunda elaboración de este concepto aunque en un contexto diferente, véase Deleuze y Guattari (1994).

<sup>47</sup> Una excepción en la filosofía de la ciencia contemporánea es la visión constructivista de la denominada escuela de Erlangen, que realiza una crítica frontal al concepto de ciencia pura a partir de una concepción operativa –que no operacionalista– de las teorías científicas. Véase al respecto Janich (1978).

<sup>48</sup> Esta tendencia ha llevado habitualmente a infravalorar el papel de los técnicos de laboratorio en la actividad científica. Véase Shapin (1991).

so sea el resultado necesario de los anteriores–, destaca, por el contrario, el carácter *contingente* del cambio tecnológico. Las innovaciones tecnológicas se producen por el esfuerzo activo invertido por una variedad de agentes y no como resultado necesario de una lógica propia interna o de un proceso autónomo –sin que ello implique, obviamente, que las estrategias de los agentes deban conducir siempre al objetivo deseado. Dicho de otro modo, en el ámbito de la tecnología casi nunca existe una forma única de proceder: el fatalismo tecnológico no es más que un mito profundamente arraigado.

## CONCLUSIONES

La principal consecuencia que puede extraerse de este tipo de estudios es la desacreditación definitiva del determinismo tecnológico y de la tesis de la autonomía de la tecnología. La perspectiva constructivista no niega que las tecnologías tengan efectos o consecuencias sociales, pero afirma que éstos se producen siempre en circunstancias específicas, difícilmente generalizables y a través de un gran número de mediaciones. En cualquier caso, la tecnología no impacta en el medio social como un factor externo caído del cielo. La innovación tecnológica debe ser considerada, por el contrario, un factor endógeno del proceso social. La forma de los artefactos y los detalles más esotéricos de su diseño dependen a menudo de factores (argumentos, consideraciones, intereses o fuerzas) que no son puramente técnicos ni científicos. En cierta forma, toda tecnología es un reflejo del medio social y cultural en el que ha sido creada.

Otra conclusión importante es, por lo tanto, que la relación entre tecnología y sociedad es, ciertamente, *bidireccional* y mucho más compleja de lo que sugieren los estudios de impactos. No se trata, obviamente, de dismantelar el determinismo tecnológico para instaurar una nueva forma de reduccionismo: el *determinismo social*. Ya hemos dicho que en el concepto de *construcción social* el término ‘social’ no debe entenderse en el sentido puramente sociológico.<sup>49</sup> Los estudios que hemos citado no apoyan la idea de que las innovaciones tecnológicas sean desencadenadas por las invenciones (como hacen las teorías del *technology push*), pero tampoco concluyen que sean el mero resultado de la demanda social (como rezan las teorías del *demand pull*). La tesis es, más bien, que tecnología y sociedad se *co-producen* constantemente.

Ni siquiera el denominado modelo de análisis SCOT (*social construction of technology*) otorga a lo “social” un carácter primigenio, en sentido estricto. Los denominados *grupos sociales relevantes* no son entidades puramente sociales, puesto que las interacciones entre sus miembros están estructuradas mediante *marcos tecnológicos* que se construyen sobre tecnologías previamente estabiliza-

<sup>49</sup> Para evitar este malentendido muchos optamos por hablar de “constructivismo” a secas, sin el adjetivo “social”.

das.<sup>50</sup> En este sentido, la metáfora que mejor describe la relación entre tecnología y sociedad que intentamos defender es la del *tejido sin costuras*<sup>51</sup>.

Que sociedad y tecnología formen un tejido sin costuras quiere decir, fundamentalmente, dos cosas. En primer lugar, que no es posible caracterizar *a priori* y fuera de contexto un problema como social o como técnico. Es precisamente la dinámica de los proyectos tecnológicos la que convierte ciertas cuestiones originariamente sociales en problemas básicamente técnicos y viceversa. En el principio, nunca puede afirmarse categóricamente que la solución a un problema deba ser política, tecnológica, económica, etc. La distribución de competencias es, más bien, un efecto de los proyectos sociotécnicos que su causa. Los conceptos de *ingeniería heterogénea* y *construcción de sistemas* intentan, en parte, describir este fenómeno.

En segundo lugar, desde la perspectiva constructivista, de la misma forma que no existen *a priori* elementos “puramente técnicos”, tampoco tiene sentido hablar de entidades “puramente sociales”. Toda relación social está mediada por artefactos o elementos no-humanos –pese a que este extremo haya sido notoriamente soslayado por los científicos sociales. Lo tecnológico está socialmente construido en la misma medida que lo social está tecnológicamente configurado. Como se ha dicho alguna vez, las relaciones puramente sociales sólo existen, como mucho, en las playas nudistas o entre los babuinos, mientras que las relaciones puramente tecnológicas sólo pueden encontrarse en los relatos de ciencia-ficción.<sup>52</sup>

El estudio de lo sociotécnico resulta difícilmente analizable, por lo tanto, desde categorías tradicionales como ‘técnico’, ‘social’, ‘interno’ o ‘externo’. Estos conceptos no nos permiten percibir toda la riqueza de fenómenos que acompañan al despliegue de la tecnología y nos arrastran, más bien, a perdernos sus aspectos más importantes o a considerar *irracionales* muchos de los procesos que reiteradamente atraviesan la línea divisoria entre ellos.<sup>53</sup> Todo proyecto tecnológico intenta, por principio, romper precisamente esa distinción entre lo interno y lo externo que muchos analistas se esfuerzan denodadamente en restablecer.<sup>54</sup>

<sup>50</sup> Sobre el concepto de *marco tecnológico* (*technological frame*) véase Bijker (1995, 102 ss).

<sup>51</sup> *Seamless web*. Para un análisis de esta metáfora ver Álvarez *et al.* (1993).

<sup>52</sup> Esta imagen la ha hecho célebre Bruno Latour.

<sup>53</sup> La resistencia a ciertas innovaciones que se suele tildar de “irracional” responde en muchos casos a la presencia, obviada por el analista, de intereses y significados diferentes (MacKenzie, 1996a, 8).

<sup>54</sup> La crítica y abandono de estas categorías tradicionales ha sido utilizada por algunos críticos para tachar de ‘postmodernos’ a los estudios sociales de la tecnología –véase, por ejemplo, Broncano (2000, 47 y ss). Aunque a veces resulta difícil saber si ‘postmoderno’ se utiliza en algún sentido más preciso que el de simple insulto descalificador, el constructivismo o la teoría del actor-red tienen muy poco que ver con las perspectivas postmodernas (desde el *pensamiento débil* al *deconstruccionismo* o a los últimos estertores de la escuela de Frankfurt). Precisamente para remarcar este hecho Bruno Latour opta por utilizar el apelativo *amoderno* – véase Latour (1993).

Un malentendido habitual entre los críticos consiste en equiparar el concepto de *construcción social* al de “fraude”, “montaje”, “engaño” o “conspiración” más o menos deliberados. Desde este punto de vista, mostrar que una tecnología está socialmente construida equivale a detectar la intromisión de factores “externos” ilegítimos (intereses políticos, económicos, etc.) en lo que debiera haber sido el “recto proceder de los ingenieros o tecnólogos”; en versiones aún más simplistas, el constructivismo social se interpreta como una perspectiva empecinada en mostrar cómo “el poder” (en sus diversas formas) o los “poderosos” acaban determinado el destino de una tecnología, corrompiendo la neutra racionalidad tecnológica e impidiendo que el criterio de mayor eficacia sea el juez último. De esta forma, el panorama tecnológico puede dividirse entre aquellas tecnologías “construidas socialmente” y aquellas “correctamente desarrolladas” que no están, por lo tanto, socialmente contaminadas.

Obviamente, la visión constructivista que hemos expuesto no defiende nada parecido. El concepto de *construcción social* se aplica a toda tecnología (aunque es una hipótesis analítica que, en último término, debe ser corroborada mediante estudios de caso empíricos) y no únicamente a aquellas que no tienen éxito o son abandonadas. En segundo lugar, construcción social no equivale, de ningún modo, a “ficción”, “simulacro” o “conspiración”. El analista constructivista no evalúa la eficiencia, la adecuación o el funcionamiento correcto de una tecnología, sino que investiga qué criterios y qué procedimientos de evaluación utilizan los distintos actores involucrados en los procesos de innovación, desarrollo y uso de la misma. Por último, la visión constructivista no apoya en absoluto la idea de que “lo único que realmente importa al final es quién tiene el poder, puesto que éste determina el éxito de las innovaciones”; por un lado, porque no se defiende una concepción esencialista del poder (Aibar y Bijker, 1997) y, por otro, porque los proyectos tecnológicos implican a menudo una profunda reestructuración de las *relaciones de poder* y no pueden entenderse meramente como un subproducto de éstas. Si hay algo que puede transformar o subvertir las correlaciones de fuerzas previas y, por tanto, las relaciones de poder es, precisamente, la tecnología.

Por último, frente a la actitud política de resignación hacia el desarrollo tecnológico que implican el determinismo y el fatalismo tecnológico, la perspectiva constructivista favorece una posición menos pesimista que destaca la posibilidad efectiva de intervenir en la tecnología. Ello no significa, sin embargo, que la tecnología sea fácilmente maleable. La posibilidad de introducir modificaciones en una trayectoria tecnológica siempre está presente, pero es inversamente proporcional a la cantidad de recursos (humanos, materiales, cognitivos, sociales, etc.) que se han invertido o asociado a ella. Como saben muy bien las personas implicadas en el desarrollo de cualquier proyecto tecnológico, la irreversibilidad nunca es completa.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aibar, E. (1996): "La vida social de las máquinas: orígenes, desarrollo y perspectivas actuales en la sociología de la tecnología". *REIS*, n. 76. Pp. 141-170.
- Aibar, E. y W. Bijker (1997): "Constructing a City: The Cerdà Plan for the Extension of Barcelona". *Science, Technology and Human Values*, vol. 22, n.1. Pp. 3-30.
- Aibar, E. y J.A. Díaz (1994): "Dos décadas de evaluación de tecnologías: del enfoque tecnocrático al diseño social". *Sistema*, 123 (nov.): 95-113.
- Alvarez, A., A. Martínez y R. Méndez. (1993): *Tecnología en Acción*. Barcelona. Ed. Rap.
- Attali, J. y Y. Stourdze (1977): "The Birth of the Telephone and Economic Crisis: The Slow Death of the Monologue in French Society". En: Ithiel de Sola Pool (ed.). *The Social Impact of the Telephone*. Cambridge, MA. MIT Press.
- Arthur, W. Brian (1984): "Competing technologies and economic prediction". *Options*, abril.
- Basalla, G. (1988): *La evolución de la tecnología*. Barcelona. Crítica.
- Bell, D. (1976): *El advenimiento de la sociedad postindustrial*. Madrid. Alianza.
- Bijker, W.E. (1995): *On Bicycles, Bakelite, and Bulbs. Elements for a Theory of SocioTechnical Change*. Cambridge, MA. MIT Press.
- Bijker, W.E. (1994): "SocioHistorical Technology Studies, illustrated with examples from coastal engineering and hydraulic technology". En: S. Jasanoff, G.E. Markle, J.C. Petersen, y T. Pinch (eds.). *Handbook of Science, Technology and Society*. London. Sage. Pp. 229-256.
- Bijker, W.E. (1992): "The Social Construction of Fluorescent Lighting, or How an Artifact Was Invented in Its Diffusion Stage". En: Bijker, W.E. and John Law (eds.). *Shaping Technology/Building Society. Studies in Sociotechnical Change*. Cambridge (MA). MIT Press. Pp. 75-102.

- Bijker, W.E. y J. Law (eds.). (1992): *Shaping Technology/Building Society*. Cambridge (MA). MIT Press.
- Bijker, Wiebe E., Thomas P. Hughes y Trevor Pinch (eds.). (1987): *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology*. Cambridge (MA). MIT Press.
- Bimber, B. (1997): "Tres caras del determinismo tecnológico". En: Smith, M.R. y L. Marx (eds.). *Historia y determinismo tecnológico*. Madrid. Alianza. Pp. 95-116.
- Broncano, F. (2000): *Mundos Artificiales. Filosofía del Cambio Tecnológico*. México. Paidós.
- Coffman, K.G. y Odlyzko, A.M. (2000): "Internet growth: Is there a "Moore's Law" for data traffic?" [En línea] URL <<http://www.research.att.com/~amo/doc/internet.moore.pdf>> [Fecha de consulta: 24-5-2001].
- Collins, H.M. (1985): *Changing Order. Replication and Induction in Scientific Practice*. Chicago. University of Chicago Press.
- Collins, H.M. (1981): "Stages in the Empirical Programme of Relativism". *Social Studies of Science* 11: 3-10.
- Chandler, Daniel (1995): "Technological or Media Determinism". URL <<http://www.aber.ac.uk/media/Documents/tecdet>>.
- Danziger, J., W. Dutton, R. Kling y K. Kraemer. (1982): *Computers and Politics: High Technology in American Local Governments*. New York. Columbia University Press.
- David, P. (1986): "Clio and the Economics of QWERTY". En: Parker, W. (ed). *Economic History and the Modern Economist*. Oxford. Basil Blackwell.
- Deleuze, G. y F. Guattari (1994): *Mil mesetas*. Valencia: Pre-textos.
- Dosi, G. (1982): "Technological Paradigms and Technological Trajectories". *Research Policy*; n. 1. Pp. 147-162.
- Ellul, J. (1977): *Le système technicien*. Paris. Calmann-Lévy.
- Elster, J. (1997): *El cambio tecnológico: investigaciones sobre la racionalidad y la transformación social*. Barcelona. Gedisa.
- Fisher, Claude S. (1992): *America Calling. A Social History of the Telephone in the USA*. Berkeley. University of California Press.
- Heilbroner, Robert L. (1997): "¿Son las máquinas el motor de la historia?". En: Smith, M.R. y L. Marx (eds.). *Historia y determinismo tecnológico*. Madrid. Alianza. Pp. 69-82.
- Hughes, Thomas P. (1987): "The Evolution of Large Technological Systems". En: Bijker, W., 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.
- Hughes, Thomas P. (1985): "Edison and electric light". En: Mackenzie, D.A. y J. Wajcman (eds.). *The Social Shaping of Technology*. Buckingham. Open University Press. Pp. 39-52.
- Hughes, Thomas P. (1983): *Networks of Power: Electrification in Western Society, 1880-1930*. Baltimore. John Hopkins University Press.

- Janich, Peter (1978): "Physics – Natural Science or Technology". En: Krohn, Layton y Weingart (eds.). *The Dynamics of Science and Technology. Sociology of the Sciences*, Vol. II. Dordrecht. Reidel.
- Jasanoff, Sheila, Gerald Markle, James Petersen y Trevor Pinch (eds.). (1995): *Handbook of Science and Technology Studies*. London. Sage.
- Latour, B. (2001): *La esperanza de Pandora*. Barcelona. Gedisa.
- Latour, B. (1996): *Aramis or the Love of Technology*. Cambridge (MA). Harvard U.P.
- Latour, B. (1993): *We have never been modern*. Cambridge (Mass.). Harvard University Press.
- Latour, B. (1987): *Science in Action*. Cambridge (Mass.): Harvard University Press. (Traducción al castellano: 1992. *Ciencia en acción*. Barcelona: Labor.)
- MacKenzie, D. (1996a): *Knowing Machines. Essays on Technical Change*. Cambridge (MA). MIT Press.
- MacKenzie, D. (1996b): "Nuclear Weapons Laboratories and the Development of Supercomputing". En: MacKenzie, D. *Knowing Machines. Essays on Technical Change*. Cambridge (MA). MIT Press. Pp. 99-130.
- MacKenzie, D. (1992): "Economic and Sociological Explanation of Technical Change". En: Coombs, R., Saviotti, P.; Walsh, V. *Technological Change and Company Strategies*. Londres: Academic Press. Pp. 25-48.
- MacKenzie, D. (1990): *Inventing Accuracy: A Historical Sociology of Nuclear Missile Guidance*. Cambridge (MA). MIT Press.
- MacKenzie, D. y J. Wajcman (eds.). (1992): *The Social Shaping of Technology*. Buckingham. Open University Press.
- McKay, John P. (1979): *Tramways and Trolleys: The Rise of Urban Transport in Europe*. Princeton. Princeton University Press.
- Metropolis, N., J. Howlett y G.C. Rota (eds.) (1980): *A History of Computing in the Twentieth Century*. New York. Academic Press.
- Mitcham, C. (1989): *¿Qué es la filosofía de la tecnología?* Barcelona. Anthropos.
- Moore, G. (1965): "Cramming more components onto integrated circuits". URL <http://www.intel.com/research/silicon/moorespaper.pdf>.
- Mumford, Lewis (1979b): "Técnicas autoritarias y democráticas". En: Kranzberg, M. y W.H. Davenport (eds.). *Tecnología y Cultura*. Barcelona. Gustavo Gili.
- Mumford, L. (1970): *The Myth of the Machine. Vol. II. The Pentagon of Power*. Londres: Secker & World.
- Mumford, L. (1967): *The Myth of the Machine. Vol. I. Technics and Human Development*. Nueva York. Harcourt, Brace & World.
- Nelson, R.R. y S.G. Winter. (1982): *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Cambridge (Mass.). The Belknap Press of Harvard University Press.
- Noble, David F. (1985): "Social choice in machine design: the case of automatically controlled machine tools. En: D. Mackenzie; J. Wajcman (ed.). *The social Shaping of technology*. Buckingham. Open University Press.
- Ogburn, W.F. (1933): *Living with Machines*. Chicago: American Library Association.

- Pinch, T. y W. Bijker (1987): "The Social Construction of Facts and Artifacts: Or How the Sociology of Science and the Sociology of Technology Might Benefit Each Other". En: Bijker, Wiebe E., Thomas P. 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. 17-50.
- Postman, N. (1994): *Tecnòpoli*. Barcelona. Llibres de l'Índex.
- Quintanilla, M.Á. (1988): *Tecnología: un enfoque filosófico*. Madrid. Fundesco.
- Shapin, Steven. (1991): "El técnico invisible". *Mundo Científico*, 113, vol. 11. Pp. 520-529.
- Smith, M.R. (1997): "El determinismo tecnológico en la cultura de Estados Unidos". En: Smith, M.R. y L. Marx (eds.). *Historia y determinismo tecnológico*. Madrid. Alianza. Pp. 19-52.
- Smith, M.R. y L. Marx (eds.). (1997): *Historia y determinismo tecnológico*. Madrid. Alianza.
- Snow, C.P. (1959): *The Two Cultures and the Scientific Revolution*. New York. Cambridge U.P.
- Staudenmaier, John. M. (1985): *Technology's Storytellers: Reweaving the Human Fabric*. Cambridge (MA). MIT Press.
- Wellman, B. Y K. Hampton (1999): "Living Networked in a Wired World". *Contemporary Sociology*, Vol. 28, n. 6.
- White, L. Jnr. (1966): *Mediaeval Technology and Social Change*. Nueva York. Oxford University Press.
- Williams, Raymond (1975): *Television: Technology and Cultural Form*. New York. Schocken Books.
- Winner, L. (1979): *Tecnología Autónoma. La técnica incontrolada como objeto del pensamiento político*. Barcelona. Gustavo Gili.

## CAPÍTULO IV

# La democracia tecnológica

*Miguel Á. Quintanilla*

*Al reconocerse que nuestros productos escapan ya a nuestro control, también ha entrado en crisis el sueño de la izquierda, según el cual la Historia puede hacerse conscientemente”*

Oskar Lafontaine

Con estas palabras concluía Oskar Lafontaine, hace más de una década, su brillante ensayo sobre la sociedad del futuro. Un futuro que ya es presente, por cierto. Una de las notas que más llaman la atención de aquel ensayo es el énfasis que el autor pone en la relación entre tecnología y política progresista, una herencia casi olvidada de la tradición ilustrada. Estas páginas tienen la pretensión de contribuir también a recuperar esa herencia, conectándola con otro de los temas recurrentes en el pensamiento progresista de finales del siglo xx: el de la extensión de la democracia.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Este capítulo tiene su origen en la contribución del autor a las jornadas sobre Desarrollo de la Democracia que, organizadas por la Fundación Sistema, tuvieron lugar en Salamanca (Mayo de 2002), bajo la coordinación de José Félix Tezanos.

Podemos considerar los posibles desarrollos de la democracia en torno a tres ejes. Uno de los ejes representa la extensión de la **democracia**, que puede ser tanto en sentido espacial como sectorial. Aquí hay un amplio margen para futuros desarrollos de la democracia: desde la generalización de los sistemas democráticos de gobierno a todos los estados del planeta, hasta la aparición de nuevas formas de organización democrática en diferentes niveles y sectores de la organización social: democracia en el gobierno mundial, democracia en la fábrica, en la escuela, en los partidos políticos o en las asociaciones de vecinos. Los otros dos ejes en los que se pueden producir desarrollos significativos de la democracia son el eje de la **legitimación** y el eje de la **eficiencia social** de los sistemas democráticos. Quizá podríamos asumir que hay una cuarta dimensión de la democracia, representado por el eje de la justicia o la equidad, pero me parece que esta dimensión, aunque esencial (la medida en que el procedimiento democrático contribuye o aumenta o a dificultar la justicia social: ver Vargas Machuca, 2002), se puede considerar como una función de la legitimación y la eficiencia social. Pues bien, mi propósito en estas páginas es argumentar en torno a la conveniencia de desarrollar la democracia en un ámbito específico que llamo la **democracia tecnológica**. Se trata de una propuesta de **extensión de la democracia** a un sector de la actividad social, lo que considero necesario, no sólo en virtud de sus propios merecimientos, por la importancia que la tecnología tiene para las sociedades actuales, sino también como una forma de responder a algunos problemas de legitimación y eficiencia social a los que se enfrentan los sistemas democráticos.

Todo el mundo está de acuerdo en atribuir una gran importancia a la tecnología como factor decisivo en la dinámica interna de las sociedades actuales. Eso explica la existencia también de un amplio consenso respecto a la importancia creciente de las políticas tecnológicas en la agenda de los gobiernos y de las organizaciones multinacionales. Pero sobre esta base común, se entrecruzan múltiples discursos y opciones políticas completamente diferentes. Para ordenar el panorama podríamos distinguir tres tipos de relaciones de la tecnología con la política: la tecnología como marco condicionante, como instrumento y como objetivo de la acción política.

## LA SOCIEDAD TECNOLÓGICA

El discurso sobre la tecnología como **marco condicionante** de la acción política está muy extendido en nuestros días. Una buena parte de la literatura (y las políticas gubernamentales, muy asociadas a esa literatura) sobre la sociedad de la información o del conocimiento parte del supuesto de que las tecnologías actuales, en especial las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) constituyen la base de un nuevo paradigma socioeconómico a partir del cual se configura un sistema social con todo lo que ello implica en la esfera cultural, económica, y política. Las versiones más ingenuas de este discurso, como hemos visto antes, suelen asumir de forma bastante acrítica una posición veladamente determinista, cuya coherencia exigiría asumir que la tecnología evoluciono-

na por su cuenta, fuera de control humano y que impone a la humanidad sus dictámenes respecto a cómo organizar la convivencia, la economía, la política. En algunas ocasiones, la reflexión sobre las nuevas tecnologías se extiende hasta sus repercusiones sobre la organización de los sistemas democráticos. A este género, que en ocasiones parece próximo al de la ciencia ficción, pertenecen las especulaciones usuales sobre la democracia electrónica, el aumento de las posibilidades de participación en los asuntos públicos gracias las TIC, el uso de Internet para mejorar la conexión entre los representantes políticos y sus ciudadanos, etc. Creo que algunas de estas especulaciones son importantes y contienen contribuciones valiosas para entender algunas características de las sociedades actuales. La noción de sociedad red que propone Castells (1997), por ejemplo, creo que permite captar de forma muy nítida algunas características esenciales del mundo actual. En mi opinión, sin embargo, muchas otras ideas sobre estos temas, a pesar del predicamento que a veces consiguen, son más ingenuas y llamativas que rigurosas y relevantes. Por decirlo de otra manera: no creo que los retos ni las soluciones más importantes para el desarrollo de la democracia tengan mucho que ver con el uso de tecnologías de la información para organizar votaciones, hacer continuas consultas a la población sobre cuestiones políticas o mejorar sustancialmente los problemas de legitimación y eficiencia que tienen los representantes políticos en su comunicación con los electores.

Una anécdota puede servir para transmitir y justificar mi escepticismo ante todas estas ilusiones de democracia informatizada. Hace unos años, el Senado español organizó una comisión de estudio sobre las tecnologías de la información y, por primera vez en el parlamentarismo español, se diseñó una página web en la que cualquier ciudadano podía acceder a toda la información recogida por la comisión, con los textos íntegros de las comparecencias de los expertos y de las intervenciones de los senadores. Además, la web disponía de varios espacios (foros) para que los ciudadanos pudieran participar en el debate. La idea me pareció interesante y, después de haber comparecido como experto en la comisión, tuve una gran curiosidad en saber si había mensajes del público en torno a los temas que allí habíamos tratado. Entré en el foro de cuestiones generales y me llevé una buena sorpresa: las primeras intervenciones eran críticas bastante desabridas a los políticos por meter las narices en un asunto como Internet, hasta entonces patrimonio de internautas, al parecer más apocalípticos que integrados. Bueno, desde luego no es más que una anécdota, que no hace justicia a la meritoria y pionera labor de esa comisión del Senado, pero creo que puede ser significativa. Lo que representa es la enorme distancia que existe entre los discursos teóricos sobre la sociedad de la información y sus repercusiones para la política democrática, y la efectiva realidad de ésta en las sociedades actuales.

Para resumir, no creo que la influencia de las TIC en la extensión o en la mejora de la democracia tenga que ser mayor o diferente que la del transporte por ferrocarril en los sistemas parlamentarios del siglo XIX. Desde luego, me imagino que a los representantes de provincias les facilitó mucho la vida el hecho de poder viajar desde sus circunscripciones a Madrid. Pero dudo que esto alterara profundamente la cantidad y la calidad de la democracia, al menos en comparación

con otros fenómenos sociales no tan directamente relacionados con las innovaciones tecnológicas de la época. Y supongo que algo parecido ocurrirá con las tecnologías actuales: en sí mismas son un buen instrumento de comunicación, y en esa medida pueden ser sumamente útiles a los electores y a los representantes políticos, lo mismo que lo son para los comerciantes y los taxistas. Pero cuando hablamos de democracia tecnológica no debe entenderse esto como democracia con móvil o con Internet.

Más interesante a este respecto son las otras dos relaciones que hemos señalado entre la tecnología y la política: la tecnología como instrumento y como objetivo de la acción política. Empecemos por la primera.

## DEMOCRACIA TECNOLÓGICA MÍNIMA

Una primera forma de ver esta relación proviene de la consideración de la tecnología como protagonista del reino de los medios, frente a la moral y la ética política que se sitúan predominantemente en el reino de los fines. Por una parte, los medios tecnológicos permiten alcanzar e incluso concebir fines para la acción política que de otra forma serían impensables. Las políticas sanitarias de vacunación obligatoria no fueron posibles sino después de que se inventaran las vacunas. En este aspecto ya se plantea un interesante problema desde el punto de vista del desarrollo de la democracia. Desde sus orígenes la democracia se ha considerado, moralmente, como el mejor sistema (para los liberales pesimistas, el menos malo) de gestión o gobierno de la sociedad. Este juicio moral se basa en una intuición muy valiosa: si asumimos que todos los individuos humanos tienen la misma dignidad y los mismos derechos básicos, cualquiera que sea la justificación que demos a la existencia del Estado o de cualquier otra forma de poder político, será siempre preferible un sistema de organización social en el que todos los individuos tengan iguales oportunidades de participar en el uso y control de ese poder para gestionar la sociedad. Pues bien, en la medida en que la tecnología aumenta las capacidades de actuación de una sociedad sobre su entorno, hay un sentido obvio de la extensión de la democracia, que consiste en garantizar el derecho de todos los ciudadanos a participar en las decisiones sobre el uso de las posibilidades tecnológicas en asuntos de interés público. La tecnología como instrumento para las políticas en un sistema democrático exige arbitrar los medios para que el público pueda entender las nuevas opciones que se le presentan gracias al desarrollo tecnológico, participar en su evaluación y contribuir a la formación de la opinión pública acerca de estos temas. Una variante de esta facultad es el derecho de todos los ciudadanos de acceder al conocimiento técnico y de contar con el juicio de los expertos como elemento fundamental para conformar la opinión pública y participar en las decisiones políticas sobre asuntos técnicamente complejos.

Éste es, digámoslo así, el contenido mínimo de la democracia tecnológica. Su justificación es de sentido común. Una democracia en la que los ciudadanos tuvieran vetado el acceso al conocimiento tecnológico y al asesoramiento objetivo y

honrado de los expertos, sería una democracia secuestrada por la oligarquía de los técnicos. Pero para ser coherentes, este contenido mínimo de los derechos de participación en la democracia tecnológica debería tener también una contrapartida en las obligaciones de los ciudadanos: **no convertir en problemas políticos aquellos asuntos para los que existen soluciones técnicas solventes y contrastadas.**

Hay algunas objeciones en contra de esta propuesta, que considero mínima, de democracia tecnológica. En primer lugar están las objeciones que se basan en la imposibilidad de que todos los ciudadanos accedan a la totalidad del conocimiento tecnológico relevante para cada una de las decisiones que se toman a través de procedimientos democráticos. Esta imposibilidad puede ser de dos tipos: pragmática o intrínseca. Por imposibilidad pragmática me refiero a aquella que se debe a razones de conveniencia política. Por ejemplo, puede que no resulte conveniente políticamente que todos los ciudadanos tengan acceso a cierta información técnica referida a la ubicación de depósitos de combustible nuclear susceptible de uso militar. Este tipo de imposibilidad o inconveniencia pragmática del acceso del público a todo el conocimiento tecnológico se puede argumentar con los mismos criterios con los que se argumenta a favor de la existencia de secretos de Estado o de información políticamente relevante pero no accesible a todos los ciudadanos. En las democracias representativas existen mecanismos contrastados para gestionar estos secretos de Estado y la limitación del acceso al conocimiento tecnológico basada en este tipo de argumentos no requiere justificaciones nuevas. Así que dejemos este asunto al margen de nuestra discusión. Más importante para nosotros es la cuestión de si existen **limitaciones intrínsecas** para el acceso de todos los ciudadanos al conocimiento tecnológico que se necesita para determinadas decisiones políticas en un sistema democrático. La base de este argumento es el carácter especializado y difícilmente comprensible del conocimiento tecnológico avanzado y el consiguiente riesgo de deformación de la información que se transmite al público con las consecuencias que eso puede tener a la hora de tomar decisiones basadas en una información incorrectamente procesada o comprendida.<sup>2</sup> Se trata de una objeción seria e importante que está en la base de muchas prácticas comunes en la política tecnológica de los países industrializados, en especial en las políticas relacionadas con tecnologías “sensibles” como la energía nuclear. Estas políticas se han apoyado en el secretismo y en la desconfianza respecto a la capacidad del público para comprender todas las implicaciones de los problemas que había que afrontar. El resultado ha sido desastroso: la desconfianza del público se ha generalizado y ha hecho prácticamente imposible seguir adelante con determinados proyectos tecnológicos, a veces con consecuencias desastrosas para la propia seguridad de los ciudadanos atemorizados, como ocurre, por ejemplo, con la gestión de residuos nucleares en todos los países que tienen plantas de producción de este tipo de energía. Sin embargo, en las tradiciones democráticas existen otros precedentes aplicables a este

<sup>2</sup> En el capítulo 6 vinculamos este argumento al denominado modelo de déficit en la percepción pública de la ciencia y la tecnología.

tipo de problemas. Para la mayoría de los ciudadanos (y para muchos de sus representantes políticos) los tecnicismos jurídicos o económicos de algunos debates parlamentarios son tan incomprensibles como las ecuaciones de Maxwell, pero eso no les impide participar y seguir esos debates, directamente o a través de sus representantes y con la ayuda de las organizaciones (partidos políticos) intermediarias. No debería ser difícil generalizar esta experiencia de intermediación a cualquier otro ámbito del conocimiento técnico especializado, más allá de los límites de la tecnología jurídica o de la cháchara económica.

Una última objeción se refiere a la dificultad que a veces existe de trazar el límite entre conocimiento técnico y opinión política. La existencia y extensión de las controversias públicas acerca de cuestiones aparentemente tecnológicas demuestra que tal delimitación no siempre es posible. En el caso extremo podría derivarse de aquí una deslegitimación del conocimiento tecnológico en general: en realidad todo vale y lo importante no es el conocimiento técnico sino el poder para imponer una opinión. No podemos entrar aquí en todos los interesantes problemas epistemológicos y sociales que plantea esta nueva moda irracionalista que ha proliferado en algunos ambientes académicos. Pero para nuestros propósitos basta con advertir que el hecho de que existan controversias tecnológicas no nos autoriza a identificarlas con controversias políticas. Las primeras se refieren a la forma más eficiente de obtener un resultado que se considera valioso; las segundas se centran en la elección del tipo de resultados que vamos a asumir como valiosos o en la cantidad de valor que vamos a atribuir a los resultados que se nos ofrecen como posibles. En muchas ocasiones durante el debate se mezclan los dos tipos de cuestiones, pero el criterio para saber si la cancelación del debate, cuando se produce, ha sido de carácter predominantemente técnico o político es sencillo: en el primer caso los problemas se resuelven “calculando”, en el segundo “negociando”. De cualquier forma, en la mayoría de las ocasiones el conocimiento tecnológico disponible, no sometido a controversia, sino aceptable por todo el mundo, es suficiente para resolver muchos problemas que deberían quedar así sustraídos al debate político. Esto sucede hoy en día en todas las esferas de la actuación política, aunque en muchas de ellas no interese reconocerlo. Por eso, el contenido mínimo de la democracia tecnológica que proponemos incluye también un principio de sabor tecnocrático: **si existe una solución técnica adecuada para un problema, no lo complique usted transformándolo en un problema político.**

Para que la democracia tecnológica, con este contenido mínimo, sea posible y funcione adecuadamente, es preciso introducir cambios importantes tanto en el entramado institucional de la democracia, como en la cultura cívica de los ciudadanos y en las prácticas y hábitos de la participación política. Pero esto es sólo –recordemos– el contenido mínimo de la democracia tecnológica.

## DEMOCRACIA TECNOLÓGICA PLENA

Decíamos que hay un tercer tipo de relaciones de la tecnología y la política en las que aquella aparece no como entorno ni como instrumento, sino como obje-

tivo de la acción política. Pues bien, es en este ámbito donde hay que situar, en mi opinión, el contenido máximo o completo de la democracia tecnológica. Lo diré nuevamente con palabras del mismo ensayo de Lafontaine:

“Dado que el progreso técnico no entra en razón por sí solo, somos nosotros quienes hemos de obligarle a que lo haga. Para restablecer un consenso racionalista del progreso en la sociedad, es preciso consensuar la Técnica” (p. 193)

Podríamos definir sucintamente el contenido máximo de la democracia tecnológica con estas mismas palabras: “es preciso consensuar la técnica”. Lo que implica, de forma más explícita, reivindicar la democracia tecnológica plena, entendida como el derecho de todos los ciudadanos a participar en las decisiones acerca del desarrollo y control de la tecnología. Se trata de poder participar no sólo en las decisiones acerca de qué debemos hacer a partir de las posibilidades que nos ofrece la tecnología disponible, sino también en las decisiones acerca de qué queremos poder hacer en el futuro gracias a las tecnologías que hoy nos proponemos desarrollar.

Hay básicamente dos formas de entender la intervención política en la dirección y el control del desarrollo tecnológico. La primera es una forma que llamaremos subsidiaria. Se supone que el desarrollo tecnológico se produce impulsado (o atraído) por fuerzas sociales, culturales y fundamentalmente económicas, que son las responsables del flujo continuo de innovaciones técnicas, es decir de nuevos productos y procesos que entran en el circuito de la producción y distribución de bienes a y que tienen su origen en conocimientos científicos e invenciones tecnológicas. El poder político tiene la posibilidad de contribuir a alentar, apoyar e incentivar esos procesos de desarrollo tecnológico y a facilitar la obtención de ventajas económicas y sociales a partir de ellos. En la actualidad todos los gobiernos tienen líneas de actuación política en este terreno y es ampliamente compartida la doctrina que rige en la regulación política de tales procesos de desarrollo tecnológico. Más allá de pruritos ideológicos acerca de los límites de la política y del mercado, todo el mundo acepta la necesidad de que el poder público intervenga en este ámbito que se considera demasiado importante y arriesgado como para dejarlo en manos de la estricta economía de mercado. Pero no es aquí donde se plantea actualmente el debate sobre la política tecnológica. Como veremos en el capítulo VII, junto a las políticas de promoción e incentivos a la innovación tecnológica que denominamos subsidiarias, se han desarrollado también políticas sustantivas de orientación, evaluación y control público del propio proceso de desarrollo tecnológico. También en esto hay un amplio consenso: los estados no sólo promocionan la ciencia y la tecnología, sino que procuran establecer prioridades y orientar el desarrollo tecnológico en determinadas direcciones en vez de en otras. La alternativa aquí no está entre intervención estatal y liberalismo puro, sino entre criterios de intervención democráticos y no democráticos. Veamos cuál es la diferencia.

En la actualidad, una cantidad creciente de las decisiones que condicionan el desarrollo de la tecnología se toma en los consejos de administración de las gran-

des empresas multinacionales en función de una combinación de criterios en la que el peso fundamental lo aportan los criterios de rentabilidad económica de carácter más o menos coyuntural o estratégico y los secundarios, aunque relevantes, criterios de eficiencia y novedad tecnológica. Esta combinación de criterios suele conducir de hecho a un tipo de desarrollos tecnológicos que no tienen por qué coincidir con los intereses y modelos de desarrollo que los ciudadanos preferirían si tuvieran la oportunidad de intervenir en su definición. El problema es que éstos, los ciudadanos, a duras penas podrán percibir su verdadera situación: en relación con la tecnología, pierden su condición de ciudadanos y se ven reducidos a simples consumidores o usuarios. Y además se ven compelidos a pensar que eso es así por la propia naturaleza de las cosas, y no por la falta de cauces para la participación en las decisiones estratégicas que determinan las formas y direcciones del desarrollo tecnológico. Pues bien, en este escenario la intervención política, si no tiene un fuerte componente de participación democrática, se limitará a priorizar aquellas áreas o líneas de desarrollo que son más rentables desde el punto de vista económico o más necesarias desde el punto de vista instrumental (por ejemplo, en función de las políticas de defensa). En este punto surge la pregunta de si es realmente razonable pretender que la dirección del desarrollo tecnológico se decida democráticamente, más allá del valor democrático que pueda tener la lógica propia del mercado.

Podríamos extendernos largamente en la discusión de este tipo de cuestiones. Pero creo que bastará con un único argumento que no es muy usual en este contexto, aunque a mí me parece definitivo. Lo mismo que en general se suele argumentar a favor de la intervención pública en aquellos aspectos de la actividad económica en los que el mercado por sí solo conduciría a ineficiencias insuperables, creo que también se puede argumentar a favor de la participación democrática en el control y orientación de aquellos procesos que, si se dejan a su propia lógica interna o se controlan políticamente al margen de los procedimientos democráticos, conducen necesariamente a una reducción significativa de la capacidad de los ciudadanos para hacerse responsables de su propio destino, lo que implica una pérdida irreparable de libertad y autonomía.

Pues bien, creo que hay una lógica interna en el desarrollo tecnológico que lleva a esa pérdida irreparable de libertad y autonomía, aunque bien es cierto que compensada con una mayor facilidad de acceso a los bienes y servicios generados gracias a la tecnología. La razón de este fenómeno es sencilla: la facilidad de acceso al uso y consumo de bienes tecnológicos es tanto mayor cuanto más transparente es al usuario la propia tecnología que utiliza. Con otras palabras: el éxito tecnológico es una función directa de la alienación del consumidor. Para que una tecnología penetre en el mercado debe ser fácil de usar, de reparar, de mantener y hasta de desechar. Todo ello se consigue a costa de la facilidad para penetrar en su interior. Los microchips son máquinas maravillosas en sí mismas que desempeñan multitud de funciones inteligentes y pueden integrarse en casi cualquier dispositivo técnico mejorando su rendimiento. A cambio, su estructura interna permanece opaca al resto del sistema, al usuario e incluso al diseñador. Se puede sustituir un microchip, pero no se puede reparar; mucha gente lo puede

utilizar pero nadie por sí solo lo puede construir; es posible que todo el mundo entienda lo que hace, pero que nadie sepa realmente de forma completa cómo lo hace (cada uno de los ingenieros que ha participado en su diseño sólo conoce una parte del mismo y quienes han ensamblado el conjunto sólo necesitan conocer los flujos de entrada y salida de cada subsistema, no su estructura interna).

Naturalmente, la participación democrática en el diseño y en el control del desarrollo tecnológico no debería hacerse a costa de la eficiencia y la capacidad difusiva de las tecnologías. Pero en muchas ocasiones una presencia más directa del consumidor en las fases de diseño, orientación y control de la tecnología, ejerciendo las funciones de ciudadano responsable y dueño de su destino, podría alterar profundamente su relación con la tecnología. Y también podría suceder que los esfuerzos de las empresas por responder a este nuevo "vigilante tecnológico" dieran lugar a innovaciones tecnológicas no sólo más eficientes y novedosas sino incluso también más rentables. En la actualidad, el catalizador de gases de la combustión es obligatorio en todos los automóviles, y ha contribuido muy positivamente a asimilar la cultura del automóvil en la cultura de la preocupación por el medio ambiente. En su origen fue una reivindicación ecologista que se abrió paso hacia una de las ramas industriales más poderosas del siglo XX a través de las instituciones democráticas. ¿Por qué no desear que suceda lo mismo en la regulación de la biotecnología, la terapia génica, la investigación médica en células madre, etc.? Creo que es legítimo, en este contexto, preguntarnos qué habría sucedido si el rápido y abigarrado despliegue de antenas de telefonía celular que se ha producido en España hubiera sido consensuado a través de cauces democráticos más participativos. Por el momento sabemos las consecuencias de no haberlo hecho así: los ciudadanos desconfían irracionalmente de las antenas, las empresas han cometido errores no sólo de "relaciones públicas" sino también de diseño técnico (y estético), y el coste final de toda la operación se han encarecido con miles de millones dedicados a revisar la emisión de radiación para tranquilizar al público, aunque todos los expertos saben de antemano que las antenas instaladas cumplen las especificaciones técnicas y legales y que, dentro de esos límites, son inocuas.

La democracia tecnológica plena consiste en el derecho de todos los ciudadanos a acceder a todo el conocimiento tecnológico relevante para la toma de decisiones en asuntos de interés público y a participar en el diseño, evaluación y control del desarrollo tecnológico. En las sociedades actuales esta última frontera en el largo camino de la extensión de la democracia no es una posibilidad abierta, es una necesidad ineludible.

## QUÉ SE PUEDE HACER

La extensión de la democracia requiere cambios tanto institucionales como culturales. En el capítulo VII sugerimos algunos de ellos. En el plano institucional, la democracia representativa todavía tiene un amplio margen de adaptación y maniobra para dar cabida a las nuevas necesidades y sobre todo para ensayar

nuevas experiencias. En el plano cultural, los medios de comunicación jugarán sin duda un papel decisivo en la extensión de la cultura tecnológica a todos los ciudadanos. Pero lo que ahora pretendo es apuntar algunas ideas acerca de los contenidos de cultura tecnológica que podrían ayudarnos en la tarea de extender la democracia al control y al dominio de la tecnología.

El nacimiento y desarrollo de los sistemas democráticos liberales fue acompañado de grandes cambios culturales. Para que los que habían sido siervos pudieran sentirse ciudadanos tuvieron que poder entender que su condición de siervo no se debía a la naturaleza de las cosas, sino a las relaciones de dominación impuestas por individuos cuya fuerza real tenía, en última instancia, el mismo origen (la voluntad humana) que la capacidad de resistencia frente a su imposición. La historia de la democracia, como la del movimiento obrero, la de las sufragistas o la de los movimientos de liberación anticoloniales en el siglo XX, son historias de cambios culturales: son la historia de la generalización de la enseñanza, de la capacitación técnica de los trabajadores, del acceso de la mujer a los estudios, de la formación de la élites dirigentes de las colonias en las universidades de las metrópolis. La extensión de la democracia siempre ha ido acompañada por una extensión y transformación de la cultura. La democracia tecnológica también requiere profundos cambios culturales. La cuestión es saber si podemos vislumbrar de antemano la dirección en que deben producirse esos cambios. He aquí algunas ideas tentativas sobre posibles contenidos de la cultura tecnológica que necesitaríamos construir.

### **El uso y la apropiación de las tecnologías**

Las ideas predominantes en las sociedades actuales acerca de la propiedad y el uso de la tecnología siguen ancladas, en lo fundamental, en las mismas ideas con las que el derecho romano resolvía los conflictos entre propietarios agrícolas: la propiedad de un bien material garantiza el derecho de uso y abuso del mismo sin más limitaciones que las derivadas de las propiedades de los vecinos. El derecho de patentes y de propiedad intelectual ha introducido una buena dosis de “desmaterialización” en ese concepto tradicional, pero básicamente responde a los mismos principios. En cambio, el uso y la propiedad de la tecnología actual no encajan bien en ese patrón. El fenómeno “Napster” y sus secuelas es revelador de la nueva situación: la copia para uso privado de una producción intelectual o artística, sin fin alguno de lucro, se puede transformar en una inmensa red de distribución que priva de todo valor económico al derecho de propiedad intelectual. La respuesta espontánea ante esta situación es intentar “poner puertas al campo”, lo cual resulta del todo inútil: por cada sistema técnico de protección contra copias que aparece, surge un antídoto para desactivarlo. Las únicas opciones realmente viables implican respuestas institucionales y jurídicas para las que se necesita abrir un proceso de negociación y de debate político.

Es evidente que la investigación para el desarrollo de vacunas y medicamentos contra el sida requiere que las compañías farmacéuticas puedan tener espec-

tativas razonables de obtener beneficios económicos. Pero no es posible mantener todas las restricciones a la difusión de una tecnología que permite el derecho de patente, si eso hace que el sistema en su conjunto pierda rápidamente su legitimidad, como puede suceder si la comunidad internacional condena a la muerte a millones de habitantes de países pobres por no autorizar la fabricación y distribución a bajo precio de los medicamentos adecuados.

No es fácil vislumbrar nuevos principios capaces de regular el uso y la apropiación de las tecnologías que hagan compatible el acceso de los ciudadanos a las nuevas posibilidades tecnológicas y la existencia de incentivos para la investigación y la innovación. Pero en la propia cultura tecnológica de nuestro tiempo existen experiencias que apuntan en una dirección prometedora: el movimiento del software libre, la regulación de sistemas de protección jurídica frente a la apropiación privada de productos tecnológicos que son resultado de un trabajo colectivo, la existencia de obras de creación colectiva sin derechos de autor reconocidos, etc. Lo que se vislumbra en el horizonte es una nueva forma de percibir la propiedad de la tecnología, como una condición que te permita usarla y disfrutar de ella, e incluso, en su caso, reclamar un reconocimiento social por haber contribuido a su desarrollo, pero sin que ello implique que puedas impedir que otros la usen y disfruten o la modifiquen y mejoren. Peka Himanen (2001) ha acuñado una feliz expresión para recoger muchos de estos elementos de la nueva cultura tecnológica: *La ética del Hacker*. Todavía no sabemos cómo será un mundo así, pero no cabe duda de que en él la democracia tecnológica plena será más viable.

### Tecnologías entrañables

Ya hemos aludido a la paradoja que supone el hecho de que, en general, cuanto más fácil de usar es una tecnología, más incomprensible resulta para el usuario: las tecnologías transparentes exigen ciudadanos ciegos. Hay que reconocer en este punto una notable peculiaridad de la cultura tecnológica predominante en la actualidad. En otras épocas podía suceder que un inventor o un gobierno quisiera mantener en secreto su tecnología para impedir que se difundiera y evitar así perder la ventaja que su posesión le daba, en el plano militar, económico, político, etc. En la actualidad, sin embargo, las tecnologías se hacen opacas al usuario para facilitar su uso y su difusión. Este es, en efecto, el significado de conceptos como el de “interfaz transparente al usuario” o “tecnología amigable”. El usuario, el consumidor, debe ser capaz de usar y disfrutar una tecnología sin necesidad de entenderla; una innovación con vocación de difusión universal debe aspirar a ser compatible con todas las culturas y, para ello, lo mejor es que no requiera que el usuario incorpore nuevos conocimientos, que las prácticas de uso sean extremadamente simples y que los valores incorporados sean fácilmente asimilables. En definitiva, que la tecnología no resulte extraña. La forma más rápida y fácil de conseguir esto es “dorar la píldora”: esconder el contenido de la tecnología y mostrarle al usuario solamente una superficie do-

rada, una interfaz amigable, una tecnología tan fácil de usar como imposible de desentrañar.

Durante años se ha considerado que precisamente esta tendencia hacia las tecnologías amigables constituía un gran avance en la humanización de la tecnología. Pero hay razones para pensar que se trataba de un error. Seguramente inspirado por la doble convicción profunda de que en sí mismas las tecnologías son inhumanas (y por eso requieren ser “humanizadas” en la interfaz de usuario) y de que por principio los consumidores son estúpidos (y por eso hay que tratarlos como tales, negándoles el acceso a las entrañas de las tecnologías que utilizan).

Pero los errores se pagan. Los sistemas amigables de interfaz entre el usuario y los ordenadores han terminado cargando sobre estas máquinas la responsabilidad de todos los errores humanos que se cometen con ellas. El resultado es la deslegitimación social de un sistema que se considera ajeno a los intereses humanos y dominado por la lógica interna de una tecnología inasequible. Si renunciamos a hacernos responsables de nuestras máquinas, no podemos después quejarnos de su ineficiencia. A fuerza de hacer máquinas inteligentes y opacas, terminaremos haciendo realidad la sospecha de que el usuario es estúpido.

No sé cómo se resolverán estas paradojas de nuestra cultura tecnológica. Pero me gustaría proponer la sugerencia de construir tecnologías que no sólo sean fáciles de usar sino sobre todo atractivas para integrar en la vida personal o social. Esto es lo que quiero sugerir con la idea de tecnologías entrañables: asimilables, amables, integrables en la propia vida, que se pueda disfrutar de ellas no sólo usándolas a ciegas, sino apropiándose de su lógica interna, comprendiéndolas.

¿Por qué se considera entrañable un paisaje de molinos de viento o la silueta de un viejo molinete metálico al lado de un pozo, pero no un parque eólico de aerogeneradores de energía eléctrica? ¿Por qué el teléfono móvil se ha convertido rápidamente en un complemento personal, como la corbata o el bolso, pero seguimos viendo la infraestructura física de la telefonía celular como algo completamente ajeno a nuestros intereses?<sup>3</sup>

La democracia tecnológica requiere no sólo que la gente normal pueda tener acceso a conocimientos e informes técnicos comprensibles, sino que la propia tecnología pueda integrarse plenamente (con todo su contenido) como un elemento normal de la cultura de la gente.

<sup>3</sup> Una sugerencia para la reflexión desde el constructivismo social: el éxito social de las bicicletas podría estar relacionado con el hecho de que se trata del más entrañable de los dispositivos mecánicos de transporte. En la actualidad, si quieres disponer de un buen automóvil tienes que renunciar a jugar a la mecánica con él. Con una motocicleta aumentan un poco las posibilidades de contribuir activa y creativamente a su cuidado. Pero las bicicletas son otra cosa: hasta hace unos años, al menos, todo en ellas era diáfano y claro, no escondían secretos tecnológicos y más bien requerían la activa participación continua del usuario para mantener sus prestaciones. En Broncano (2002) hay interesantes reflexiones y originales ideas para una teoría de la humanidad de la técnica, es decir de las tecnologías entrañables.

## BIBLIOGRAFÍA

- Lafontaine, Oskar (1989): *La sociedad del futuro*. Sistema. Madrid.
- Vargas-Machuca, Ramón (2002): El liberalismo republicano, los modelos de democracia y la causa del reformismo. En: Rubio Carracedo, J., Rosales, J.M, Toscano Méndez, M. (comps.): *Retos pendientes en ética y política*. Trotta. Madrid, 2002.
- Castells, Manuel (1997): *La era de la información. Economía, sociedad y cultura*. Vol. 1: *La sociedad red*. Alianza Editorial. Madrid.

## CAPÍTULO V

# El conocimiento científico en las controversias públicas

*Eduard Aibar*

### CONTROVERSIAS CIENTÍFICAS

El estudio de las controversias científicas ha experimentado un gran auge en las últimas tres décadas. Aunque las controversias siempre han estado presentes en el estudio tradicional de la ciencia –abordado fundamentalmente desde la filosofía y la historia de la ciencia– han desempeñado, en la mayoría de los casos, un papel secundario y, a menudo, casi anecdótico en el análisis de la ciencia. Determinadas controversias científicas han sido utilizadas, principalmente, como herramientas para la exaltación hagiográfica de algunos científicos ilustres o como ejemplos paradigmáticos de mala conducta científica.

La famosa disputa entre Pasteur y Pouchet sobre la generación espontánea, por ejemplo, ha servido tradicionalmente para ensalzar la genialidad y las virtudes científicas de Pasteur y, paralelamente, para mostrar la obstinación recalci-trante o la incompetencia de su rival.<sup>1</sup> El objeto de interés prioritario no ha sido, ni en éste ni en muchos otros casos, la controversia en sí misma sino las conse-

<sup>1</sup> Para una versión historiográficamente más ajustada de este episodio, véase Farley y Geison (1994).

cuencias y los resultados de su clausura. De hecho, las controversias han sido y continúan siendo interpretadas mayormente de forma retrospectiva, es decir, en función de los resultados establecidos a partir de su resolución.<sup>2</sup> Por otro lado, este tipo de reconstrucciones acostumbra a privilegiar las versiones sobre el desarrollo y clausura de la controversia, facilitadas por los triunfadores o, por lo menos, construidas desde su punto de vista, minimizando en cambio las opiniones de los derrotados.

Esta situación no es una mera contingencia en el desarrollo histórico del estudio de la ciencia, sino que responde a algunas características de la denominada *concepción heredada* de la ciencia. En cierto modo, desde las perspectivas clásicas, las controversias científicas constituyen *anomalías* en el devenir histórico de la ciencia. Las diversas características del método científico propuestas en las últimas décadas –ya sea la existencia de un lenguaje observacional neutro, la posibilidad de realizar experimentos cruciales o bien el escrutinio crítico de hipótesis mediante el hallazgo de instancias falsadoras– implican, en principio, una resolución *rápida y fácil* –¡casi incontrovertida!– de las controversias (Brante, 1993).

Dado que la historia de la ciencia suministra numerosos ejemplos de controversias tremendamente persistentes en el tiempo y crecientemente enrevesadas, los analistas tradicionales han tendido a considerar estos episodios como *aberraciones* o productos *impuros* del correcto devenir de las ciencias. Las controversias, en lo fundamental, han sido atribuidas a errores, más o menos deliberados, en el seguimiento o cumplimiento del método científico.

La estrategia historiográfica habitual ha consistido, consecuentemente, en imputar a los derrotados las dosis convenientes de obstinación, prejuicios, irracionalidad o simple incompetencia.<sup>3</sup> Toda controversia representa, de esta forma, un mero obstáculo en el camino hacia el conocimiento científico correcto y su análisis debe restringirse, consecuentemente, a determinar qué factores extracientíficos han retardado el curso normal del desarrollo científico.<sup>4</sup>

El análisis de las controversias científicas *per se* ha tenido que esperar, de hecho, al desarrollo de una alternativa sólida a la concepción heredada de la ciencia. Los actuales *estudios sociales de la ciencia*, en gran parte responsables de ese cambio de perspectiva, se han nutrido especialmente de dos tipos de estudios empíricos: los estudios etnográficos de la actividad científica<sup>5</sup> y, precisamente, los análisis de controversias.<sup>6</sup> En este nuevo marco, lejos de concebirse como alter-

<sup>2</sup> Véase el concepto de historia *whig* expuesto en el capítulo 3.

<sup>3</sup> Véase al respecto el capítulo 2 de Latour (1992).

<sup>4</sup> Esta forma de abordar las controversias es lo que se ha denominado habitualmente “sociología del error”. Véase al respecto Woolgar (1991).

<sup>5</sup> Los estudios etnográficos de la actividad científica intentan analizar los procesos de construcción y validación del conocimiento sobre la base empírica de la *observación participante*. De esta forma, el analista deviene una suerte de antropólogo que realiza su trabajo de campo en un laboratorio científico. Un trabajo pionero de etnografía de la ciencia es el de Latour y Woolgar (1995).

<sup>6</sup> Un ejemplo ya clásico es Pinch (1986).

cados accidentales o como simples procesos anómalos inducidos por la intrusión de factores externos, las controversias han sido consideradas elementos nucleares en el desarrollo del conocimiento científico, así como una puerta de acceso privilegiada para el análisis de distintos aspectos de la actividad científica.

Por lo que respecta al primer punto, cada vez es más aceptado el papel crucial que las controversias desempeñan en la dinámica de la ciencia, como elementos indispensables para la evolución, la formación y la contrastación de hipótesis y teorías. Es precisamente durante las controversias cuando los científicos examinan con más detenimiento los argumentos, métodos y resultados de sus colegas. Cuando la controversia es lo suficientemente intensa, esta crítica minuciosa –y casi despiadada– deja aflorar a la superficie supuestos, convenciones o acuerdos tácitos que, en períodos de consenso, rara vez se hacen explícitos.

Son, por otro lado, estas mismas características las que hacen, indirectamente, de las controversias una puerta de acceso privilegiada para el análisis de la actividad científica. El estudio detallado de una controversia permite observar versiones alternativas de ciertos elementos (hechos, datos empíricos, diseños experimentales, supuestos teóricos, etc.) y facilita el análisis de los procedimientos de evaluación a que los científicos someten el trabajo de sus colegas.

## CONTROVERSIAS CIENTÍFICO-TECNOLÓGICAS PÚBLICAS

Uno de los rasgos más característicos de la sociedad contemporánea es la proliferación de controversias en torno a cuestiones científicas o tecnológicas que, sobrepasando los límites de las comunidades tradicionales de expertos –científicos y tecnólogos–, devienen públicas y llegan, cada vez con más insistencia, a los parlamentos, a los medios de comunicación y a las agendas políticas de los gobiernos. En realidad, éste es, sin duda, uno de los rasgos más característicos de nuestra cultura tecnológica.

De hecho, el gran crecimiento experimentado por la ciencia y la tecnología en las últimas décadas –especialmente desde la Segunda Guerra Mundial– se ha caracterizado por dos procesos paralelos: por un lado, se han multiplicado los ámbitos sociales y políticos en los que la ciencia y la tecnología intervienen de forma decisiva; por otro, la ciencia y la tecnología han sufrido un proceso de “politización” creciente y han devenido una parte importante de las agendas cotidianas de la política local, nacional o internacional, así como un elemento decisivo en el crecimiento económico de las naciones. Uno de los síntomas más notables de esta situación es el “giro hacia la ciencia”, es decir, el creciente recurso al conocimiento científico-técnico que protagonizan los gobiernos de todos los países, con objetos de obtener mayor legitimidad y estabilidad políticas para sus decisiones.<sup>7</sup>

<sup>7</sup> La obra de Jasanoff (1990) muestra ejemplarmente este proceso de creciente utilización de la ciencia por parte de los organismos públicos norteamericanos. Esta autora no duda en denominar al cúmulo de comités y paneles de científicos y expertos implicados,

Muchos de los protagonistas de los conflictos actuales son entidades que, en lugar de pertenecer a un partido político, a un gobierno, a un grupo de presión, a un movimiento social o a una institución, han sido producidas, aisladas, sintetizadas o construidas en laboratorios o en centros de innovación y desarrollo. Priones, alimentos transgénicos, antenas de microondas, virus modificados genéticamente, líneas de banda ancha, códigos fuente, células madre, etc. han entrado a formar parte de nuestra vida colectiva sin que el pensamiento político o social, aparentemente, apenas se haya dado por aludido.<sup>8</sup>

Sin embargo, las controversias públicas sobre cuestiones científicas o tecnológicas siempre han existido. La teoría de la evolución de Darwin o la introducción del ferrocarril o del teléfono, por poner sólo algunos ejemplos notables, dieron lugar a controversias de gran repercusión social en su época. La novedad actual estriba, quizás, en su proliferación casi vertiginosa –y, a menudo, amplificada por los medios de comunicación–, en el gran número y heterogeneidad de actores e instancias participantes –que muestran además un alto grado de beligerancia– y en la complejidad creciente de su dinámica y clausura.<sup>9</sup>

Es posible distinguir entre controversias científicas *strictu sensu* –aquellas que se desarrollan en los foros *oficiales* (universidad, centros de investigación, congresos, publicaciones científicas, etc.)– y controversias científicas *públicas* –aquellas que alcanzan los foros *oficiosos*<sup>10</sup> (parlamentos, *mass media*, opinión pública, tribunales de justicia, etc.). Sin embargo, sin dejar de ser valiosa a efectos analíticos, esta distinción debe utilizarse de forma cuidadosa. Las controversias científicas oficiales pueden devenir, con el tiempo, oficiosas y viceversa; no sólo eso, sino que una misma controversia puede adoptar distintos estados a lo largo de un mismo período.

La polémica sobre la existencia y detección de las ondas gravitatorias se ha restringido, hasta el momento, exclusivamente a los foros oficiales; la polémica sobre la generación espontánea, durante el siglo pasado, comenzó en los foros oficiales y acabó involucrando actores políticos y religiosos de gran envergadura. La controversia relativa a la existencia de OVNIS tripulados de origen extraterrestre se ha desarrollado fundamentalmente en foros oficiosos, aunque recibe esporádicamente intervenciones (negativas) de foros oficiales. La controversia so-

el *quinto poder* del estado contemporáneo (siendo el cuarto el conjunto de grandes agencias administrativas tan características del aparato estatal norteamericano).

<sup>8</sup> Sobre las posibles consecuencias de esta situación para la teoría social contemporánea, véase Latour (2001).

<sup>9</sup> Es posible argumentar que, respecto al siglo pasado, se ha producido también un cierto cambio en el tipo de temas debatidos. Mientras que entonces las controversias se centran principalmente en el impacto de la tecnología en los valores y las formas de vida tradicionales, así como en sus efectos sobre las condiciones de trabajo, en la actualidad tienen prioridad las cuestiones relativas a la salud y al medio ambiente.

<sup>10</sup> Esta terminología (*oficial, oficioso*) la tomo de Latour (1991).

bre la masa de los neutrinos y sus repercusiones sobre el modelo estándar no ha salido, por el momento, de los circuitos oficiales.

En este capítulo nos ocuparemos de las controversias científico-tecnológicas públicas,<sup>11</sup> aunque lo haremos con independencia de su origen oficial u oficioso. Ejemplos recientes de tales controversias son las generadas en torno a la Encefalopatía Espongiforme Bovina –más conocida como ‘enfermedad de las vacas locas’–, al presunto efecto dañino sobre la salud de las antenas de telefonía móvil o a la legitimidad del uso de células madre para la investigación biomédica.

Examinaremos, más concretamente, el papel que desempeña en este tipo de controversias el conocimiento experto, es decir, el conocimiento aportado por científicos, médicos o ingenieros. De la misma forma que el análisis de las controversias científicas oficiales constituye una vía de acceso de gran utilidad para el estudio de la dinámica de la ciencia, es cada vez más evidente que el examen minucioso de las CCTP puede aportar nuevos y valiosos conocimientos sobre la relación global entre ciencia, tecnología y sociedad:

A lo largo de estos episodios asciende a la superficie algo que normalmente está oculto en el desarrollo “normal” de una tecnología, el hecho de que se produce y reproduce en el seno de instituciones que se han originado en el transcurso de la historia y que se sostienen por las microdinámicas sociales que lo permiten. Al desvelarse los mecanismos subyacentes se iluminan también los dilemas y las tensiones sobre los que se sostiene la institución y las cuestiones de fondo que están implicadas en su legitimidad. Se muestran entonces los intereses distintos de los agentes diversos y la heterogeneidad institucional de quines participan en el desarrollo tecnológico [...] (Broncano, 2000, 262).

## EL MODELO TECNOCRÁTICO

Como ya hemos señalado anteriormente, muchas CCTP plantean problemas relacionados con riesgos para la salud y el medioambiente, con cuestiones relativas a costes económicos, a la efectividad o eficiencia de artefactos o dispositivos, o a la idoneidad de desarrollar ciertas líneas de investigación en perjuicio de otras. Una posible forma de clasificarlas es atendiendo, precisamente, al tipo de cuestiones en que se centra la polémica:<sup>12</sup>

1. Controversias sobre las implicaciones morales, éticas o religiosas de determinado tipo de experimentos o líneas de investigación. Ejemplos: la controversia sobre la clonación humana o sobre el uso de embriones humanos para la investigación.
2. Controversias que giran en torno al enfrentamiento entre la protección del medioambiente y determinadas prioridades políticas. Ejemplos: polémicas

<sup>11</sup> En adelante *CCTP*.

<sup>12</sup> Sigo, en parte, la tipología propuesta por Nelkin (1995).

en torno a una planta de procesamiento de residuos tóxicos o sobre el agujero en la capa de ozono.

3. Controversias sobre los riesgos para la salud de determinadas prácticas industriales o productos comerciales. La reciente polémica en torno a la carne de vacuno constituye un buen ejemplo, en este sentido, y también lo es la referente a las antenas de telefonía móvil.

La idea convencional respecto al papel de la experticia científica<sup>13</sup> en tales controversias es que los expertos científicos se reúnen, convocados por una institución pública o gubernamental, discuten la evidencia disponible a la luz de los conocimientos del momento, sin estar influidos por valoraciones morales o por intereses extracientíficos previos, y resuelven finalmente la cuestión. Su dictamen es entonces utilizado por agentes sociales o políticos para tomar las medidas prácticas apropiadas, en forma de regulaciones, normativas, prohibiciones o recomendaciones.

Según esta imagen, ciertamente preponderante en la mayor parte de ámbitos sociales, la experticia científica incide en las CCTP desde el *exterior*. La ciencia se limita a poner sobre la mesa los hechos establecidos para que las instancias sociales y políticas debatan, posteriormente, sobre los cursos de acción más convenientes. Los hechos científicos, de esta forma, marcan los límites o el marco en el que deben situarse las discusiones sobre valores, inclinaciones éticas o morales, o actitudes políticas.

Este modelo, que algunos denominan *tecnocrático*, no se ajusta, sin embargo, a la situación que describen los numerosos estudios de caso realizados en las últimas décadas sobre multitud de CCTP. Ni siquiera, como veremos más adelante, el modelo es aceptado por muchos autores y agentes sociales, en tanto que modelo ideal hacia el que sería deseable o adecuado encaminarse.

En cualquier caso, desde un punto de vista analítico y no normativo, es evidente que en la mayor parte de CCTP el papel desempeñado por la experticia científica difiere considerablemente del que se supone en el modelo tecnocrático. El principal elemento de divergencia se deriva, básicamente, de un fenómeno en el que numerosos autores están de acuerdo:<sup>14</sup> vivimos una crisis patente en la aceptación pública de la experticia científica como elemento más o menos infalible pero neutral en las controversias públicas –sin que ello implique, necesariamente, la existencia de una “edad dorada” pasada en la que el modelo tecnocrático habría funcionado a la perfección. La experticia científica resulta continuamente cuestionada,<sup>15</sup> por diferentes motivos y a cargo de actores muy

<sup>13</sup> Utilizaré *experticia* como sinónimo de *conocimiento experto* y hablaré de *experticia científica* para referirme indistintamente al conocimiento experto de científicos o ingenieros.

<sup>14</sup> Véase, por ejemplo, Nelkin (1995) y Martín y Richards (1995).

<sup>15</sup> Este cuestionamiento de la experticia científica, sin embargo, suele referirse a instancias específicas de ella y no a la totalidad del conocimiento científico experto.

diversos, en gran parte de las CCTP que podemos observar a nuestro alrededor. En lugar de constituir un elemento delimitador del marco de las discusiones o una instancia de consenso compartida por los agentes sociales, parece haber devenido un recurso más al que recurrir en el fragor de la batalla o, incluso, uno de los focos de disputa y controversia más candentes. En lo que sigue examinaremos, con más detenimiento, cuáles son los elementos más problemáticos de esta situación y qué explicaciones pueden darse, teniendo en cuenta el estado actual de las investigaciones,

## IDENTIFICAR A LOS EXPERTOS

En primer lugar, la cuestión de determinar *quién* es un experto científico, apromblemática desde la imagen convencional de las CCTP, presenta dificultades serias. De hecho, el mismo estatus de *científico*, al contrario de lo que ocurre en otras profesiones, no está claramente definido y presenta cierta ambigüedad. Como es sabido, ni los mismos científicos suelen presentarse a sí mismos como tales y prefieren utilizar denominaciones que hacen referencia, más bien, a su área de especialización: químico, bióloga molecular, antropóloga, físico de altas energías, ecóloga, etc. En algunos casos de CCTP, además, se pone en duda la cientificidad de determinadas disciplinas, a pesar de ser enseñadas en la mayor parte de universidades, o, como mínimo, se las considera de un grado de cientificidad menor a otras (el ejemplo recurrente es el de la psicología respecto a la psiquiatría).

El estatus de *experto científico* es, si cabe, aún más vago, puesto que en el marco de las CCTP supone una autoridad cognitiva aún mayor. En este caso, aunque existiera un acuerdo más o menos generalizado acerca de qué áreas de conocimiento pueden denominarse en rigor “científicas”, resultaría difícil precisar en qué nivel de formación académica un individuo deviene propiamente un *experto*: ¿cuando adquiere el título de licenciado? ¿El de doctor? ¿Cuando realiza un postdoctorado? ¿Si gana una plaza de profesor universitario? ¿Si se convierte en catedrático?, etc.

Pero incluso aunque observáramos un acuerdo en torno a estas cuestiones (disciplinas relevantes, nivel de formación, etc.) podría seguir resultando difícil determinar quiénes son los expertos en una cuestión determinada. Es posible argumentar, en ese sentido, que a nivel del analista sólo es posible identificar a los expertos relevantes en una controversia *a posteriori*, es decir, una vez que la polémica se ha cerrado y puede determinarse qué posiciones eran erróneas o acertadas.<sup>16</sup>

<sup>16</sup> Collins y Evans (2002) comparan este fenómeno, que denominan el *círculo vicioso del experto*, con el ya conocido *círculo vicioso del experimentador* según el cual el conjunto de experimentos que pueden considerarse réplicas correctas de un experimento dado, sólo puede determinarse *a posteriori*, es decir, cuando hay acuerdo sobre cuál es el resultado correcto del mismo –véase al respecto Collins (1985).

La ambigüedad de categorías como ‘científico’ o ‘experto’ no es, sin embargo, una cuestión que se plantee únicamente en el terreno analítico. Es un hecho sabido que en muchas CCTP parte del conflicto –y a veces una parte sustancial del mismo– estriba en determinar quiénes son los “expertos autorizados” o los “científicos” relevantes. Es habitual, además, que el carácter de experto de algunas personas sea puesto en duda por otros participantes en algún momento de la disputa o que surjan autoproclamados expertos que el resto de implicados no reconoce como tales.

## DE CONSULTORES A CONTENDIENTES

Un segundo problema que se pone de manifiesto en numerosas CCTP es el de la posible existencia de *sesgos* en la experticia científica. Aunque desde la imagen convencional se atribuye a los científicos, en cuanto proveedores de experticia, un mayor grado de objetividad y neutralidad que el de otros actores sociales, en la mayor parte de CCTP puede observarse un hecho flagrante que, como mínimo, pone en duda esa perspectiva: en la mayoría de controversias públicas es posible encontrar científicos en los distintos lados de la contienda.

Los conflictos en el seno de CCTP no se producen simplemente a partir de interpretaciones divergentes de los hechos o informes suministrados por los científicos. No se trata tampoco, en muchos casos, de que los distintos agentes sociales o políticos implicados promuevan cursos de acción incompatibles entre sí, a partir de un mismo cúmulo de informaciones suministradas desde la ciencia y aceptadas por todos. No existe una primera fase de consenso respecto a la imagen del problema descrita por los científicos, que se oponga a una segunda en la que salta la polémica respecto a lo que es más deseable o conveniente hacer o dejar de hacer. Muy al contrario, muchas CCTP acaban produciendo o se desarrollan a partir de desacuerdos explícitos entre científicos respecto a la existencia de ciertos fenómenos, a la corrección de algunos experimentos o a la legitimidad de determinadas pruebas farmacológicas. Éste es, sin duda, uno de los fenómenos más importantes y, a la vez, más evidentes de nuestra cultura tecnológica:

All of us, and not just the analysts of technological politics, are now accustomed to seeing experts disagreeing (almost nightly on television) over just about everything technological – from lavatory rim-blocks to fast-breeder reactors, from aerosol sprays to genetic engineering, from the health effects of fertilizer residues to the codisposal of toxic and domestic waste in landfill sites. What is more, we are used to them going on and on disagreeing (Schwarz y Thompson, 1990, 25).

En el seno de las CCPT, por lo tanto, el conocimiento científico, lejos de ser la base común sobre la que se constituyen los distintos polos del conflicto social o político, deviene parte esencial de la controversia. La experticia científica, en lugar de constituir el elemento neutral que define el marco o los límites de la disputa, es utilizada como *recurso* propio por los distintos actores sociales implicados: por grupos de afectados, asociaciones de consumidores, sindicatos, grupos

ecologistas, etc. No sólo son, pues, los organismos gubernamentales o las empresas las que recurren a expertos científicos –propios o contratados– para sustentar con mayor solidez –y en “igualdad de condiciones”– sus posiciones.

Tampoco constituye, por lo tanto, una buena descripción de las CCTP la que dibuja una oposición o enfrentamiento entre, por un lado, la experticia científica –la posición de la ciencia–, y el público –o la posición de los *legos*–, por otro. Los expertos científicos adscritos o reclutados por los distintos bandos del conflicto también discuten y se enfrentan entre sí. Los expertos han dejado de ser meros consultores o asesores “neutrales” para devenir *participantes activos* en las controversias.<sup>17</sup>

El hecho es que en numerosas CCTP algunos científicos ven riesgos importantes donde otros colegas suyos no los ven, utilizando en muchas ocasiones la misma evidencia empírica.<sup>18</sup> Ésta es, precisamente, una de las características más importantes del fenómeno que estamos describiendo: no se trata de cómo se interpretan los resultados científicos por parte de políticos, grupos ecologistas, ciudadanos afectados o del público en general, sino que los mismos científicos emiten opiniones enfrentadas.

En cierto sentido, esta situación supone un desafío a la imagen convencional de las CCTP, puesto que cuestiona la objetividad y neutralidad que, en principio, se espera de los científicos en estas situaciones: como mucho los científicos parecen tan objetivos y neutrales como los grupos sociales que los reclutan. Ahora bien, ¿cómo puede explicarse este fenómeno? Como veremos a continuación existen diversas líneas de análisis posibles.

## CIENCIA REGULATIVA VERSUS CIENCIA NORMAL

La respuesta tradicional a este problema consiste en atribuir la incompatibilidad entre los distintos informes y dictámenes científicos a instancias específicas de “mala conducta científica”. Utilizando el viejo esquema de la *sociología del error* que hemos mencionado anteriormente, se intenta explicar las controversias distinguiendo *a posteriori* –es decir, una vez que las CCTP han sido clausuradas y es posible establecer una distinción estable entre “vencedores” y “derrotados”– entre conocimiento científico adecuado y conocimiento incorrecto: este último se considera fruto de la injerencia de intereses o presiones sociales diversas en la metodología científica habitual (el conocido fenómeno de la *captura* de uno o varios científicos, por parte de uno de los agentes sociales implicados en la controversia). Esta estrategia analítica –que resulta inoperante, por cierto, para el estu-

<sup>17</sup> Es por ello que considero erróneo para el estudio de las CCTP, introducir *a priori*, como hace Broncano (2000, 231) un modelo basado en tres puntos de vista diferentes: el del ingeniero, el del empresario y el del usuario.

<sup>18</sup> Un ejemplo de larga controversia a partir del mismo conjunto de datos empíricos compartidos es la relativa al calentamiento global de la atmósfera.

dio de controversias en curso –promueve, por lo tanto, un tratamiento individual y personalizado– casi *psicológico* –del problema y se encuentra en la base de toda una área de investigación sobre la *responsabilidad social* de científicos e ingenieros, sobre sus códigos deontológicos y su ética profesional.<sup>19</sup> Los fenómenos de disidencia científica en el seno de las CCTP se consideran meros episodios aislados de captura individual.

Otra línea de análisis posible consiste, en cambio, en buscar razones estructurales en las especiales características en que se construye y ejerce la experticia científica en las CCTP. Según esta perspectiva, la explicación del fenómeno de la “parcialidad” científica o el de la “captura” por parte de los diversos contendientes, debe buscarse en las diferencias entre el contexto habitual de la práctica científica, tal y como se desarrolla normalmente en los laboratorios o en los centros de investigación, y la situación particular que se produce en las CCTP. En este sentido, se han propuesto en los últimos años, diferentes conceptos para describir el tipo de ciencia que resulta implicada en el seno de las controversias públicas.

Una forma de denominar este tipo de experticia científica nos la proporciona el concepto de *ciencia por mandato*. Según Liora Salter (1988), a diferencia de lo que ocurre en las actividades científicas ordinarias, en la ciencia por mandato los científicos reciben en muchas ocasiones un encargo explícito, por parte del estado o de diversas instituciones para evaluar una situación de supuesto riesgo, de forma que su dictamen pueda ser utilizado para desarrollar medidas políticas o regulativas sobre el uso o comercialización de una tecnología o una sustancia.

Sheila Jasanoff (1990) propone los conceptos de *ciencia políticamente relevante* o de *ciencia regulativa*<sup>20</sup> para describir el marco de la experticia científica en las CCTP. Jasanoff pone el énfasis en los informes y opiniones emitidas desde comités de expertos creados ex profeso para resolver cuestiones polémicas o en el papel de organismos gubernamentales diseñados, explícitamente, para intervenir en cuestiones científico-tecnológicas que requieran intervención pública.

El análisis de Jasanoff muestra la dificultad de separar el componente científico del político en el contexto de la ciencia regulativa (1990, 16). Su estudio minucioso de numerosas controversias en los EEUU, muchas de las cuales alcanzan en uno u otro momento de su desarrollo los tribunales de justicia, indica que los comités de expertos o los grupos de asesores científicos de una institución o departamento gubernamental, rara vez restringen sus deliberaciones a los elementos puramente técnicos o científicos de la cuestión.

Funtowicz y Ravetz (1993) utilizan un concepto relacionado, el de *ciencia post-normal*, para referirse a la ciencia que participa en las CCTP. El término de post-normal es acuñado por estos autores para referirse a aquellas ciencias, altamente propensas a controversias públicas –por ejemplo, las ciencias medioambientales– en las que, mientras que los intereses en juego son muy importantes,

<sup>19</sup> Véase al respecto la obra del célebre filósofo de la tecnología Carl Mitcham (1994).

<sup>20</sup> Jasanoff relaciona este concepto al de *transciencia*, acuñado por Weinberg.

las incertidumbres por lo que respecta a los conocimientos científicos disponibles son enormes. La consecuencia es, a su juicio, que en este tipo de controversias resulta prácticamente imposible separar los hechos de los valores o intereses, a menudo ya suficientemente controvertidos *per se*, sobre los que aquellos se erigen.

Un primer rasgo importante de la ciencia regulativa que puede extraerse de este tipo de análisis es la ausencia, parcial o total, de algunos de los mecanismos de *control de calidad* que operan habitualmente en la ciencia normal. Algunos de estos mecanismos son los que, precisamente, aseguran un nivel óptimo en la construcción de la objetividad e imparcialidad de la experticia científica.

En este sentido, mientras que la *credibilidad* de los resultados científicos normales está avalada, entre otros elementos, por el sistema de *revisión por pares* (*peer review*) de las publicaciones y por el escrutinio posterior de los resultados por parte de otros investigadores (que, por lo tanto, pueden intentar reproducir los experimentos descritos y poner a prueba los datos y conclusiones publicadas), ambos procedimientos no suelen darse en la ciencia regulativa, cuyos resultados no se someten por lo general al sistema de revisión por pares e incluso, en ocasiones, ni siquiera se publican y se mantienen en secreto por parte de las instituciones gubernamentales que los han encargado.

En segundo lugar, mientras que la ciencia normal suele llevarse a cabo con una cierta *independencia* del uso futuro que pueda hacerse de sus resultados, la ciencia regulativa no goza de ese “privilegio” por definición: sus resultados están *a priori* producidos con objeto de conducir a acciones regulativas o políticas. Los científicos que participan en estos procesos de evaluación o consultoría son conscientes de que sus decisiones favorecerán a ciertos grupos sociales o instituciones mientras que perjudicarán a otras.

Otro elemento característico y crucial de la ciencia regulativa viene determinado por su relación intrínseca con el ámbito de la política. La situación a la que nos referimos puede describirse de forma simple y taxativa: el ritmo de la política es más rápido que el de la formación del consenso científico (Collins y Evans, 2002, 241). Ello implica que muchas de las decisiones públicas sobre temas relacionados con la ciencia y la tecnología (prohibir una sustancia empleada por la industria alimentaria, por ejemplo), deben tomarse antes de que los científicos se pongan de acuerdo (sobre el nivel de riesgo para la salud de sus consumidores).

Es necesario tener en cuenta, por lo tanto, que cuando, en el seno de una CCTP, se encomienda a los expertos la elaboración de un informe o un dictamen, no se les suele pedir que expongan conocimientos aceptados o plenamente solidificados, sino que, en la mayoría de los casos, se les consulta en situaciones de gran *incertidumbre* en las que *todavía* no existe un consenso amplio entre los expertos, bien porque no toda la información relevante está disponible, bien porque los procedimientos para analizar los datos y evaluar la evidencia empírica no han podido establecerse aún.

El grave problema que se plantea entonces es que la ciencia regulativa se desarrolla en un contexto –político y, en muchas ocasiones, legislativo o jurídico– en que la *incertidumbre* es menos soportable y admisible que en la ciencia normal (donde los científicos están acostumbrados a convivir prácticamente siempre

con un cierto grado de incertidumbre respecto a sus resultados e hipótesis).<sup>21</sup> El entorno de la ciencia regulativa ejerce, por consiguiente, una presión tácita considerable para que los científicos minimicen aquellas partes de sus informes sujetas a mayor indeterminación.

La necesidad pragmática de tomar decisiones políticas o judiciales no es, sin embargo, el único factor que favorece el encubrimiento de la incertidumbre. El papel esencial que los organismos gubernamentales han conferido a la ciencia como recurso legitimador en la toma de decisiones, ha hecho que los informes o dictámenes invocados por las autoridades con tal propósito, sean automáticamente puestos en tela de juicio por determinados agentes sociales. El resultado es que los mismo científicos e ingenieros reaccionan, a menudo, frente a las críticas o dudas externas en las CCTP, *exagerando la seguridad* que tienen sobre sus propias conclusiones o reformulando lo que a veces son resultados provisionales, como juicios concluyentes. En cierto modo, los científicos se sienten obligados a satisfacer la imagen social de total seguridad y previsibilidad que se espera de sus productos (Wynne, 1988).

### Incertidumbre

Como acabamos de ver, un rasgo común de los estudios sobre la ciencia regulativa es el énfasis que se pone en la incertidumbre como elemento distintivo de la experticia científica en el contexto de las CCTP. Para muchos autores es precisamente esta característica la que puede explicar de forma más satisfactoria los fenómenos anteriormente descritos de la parcialidad o de la captura de los científicos por parte de intereses sociales y políticos. Antes de aventurar conclusiones en esa línea, sin embargo, merece la pena que nos detengamos en el concepto mismo de incertidumbre, para analizar sus características básicas, puesto que usualmente es utilizada para describir estados muy distintos del conocimiento (o de su falta).

Una forma de catalogar los distintos tipos de incertidumbre a los que puede enfrentarse la experticia científica es la ofrecida por Wynne (1992). Pueden distinguirse, de esta forma, cuatro tipos básicos.

La primera forma de incertidumbre es el *riesgo*. Esta incertidumbre se refiere a la probabilidad conocida de que una sustancia, por ejemplo, tenga un efecto pernicioso para la salud animal o humana, al ser ingerida o inoculada. Aunque no puede predecirse si una rata determinada, a la que se suministra una dosis concreta de nitratos, desarrollará algún tipo de cáncer, sí se conoce, en términos estadísticos, la probabilidad de que ello ocurra. En ello consiste precisamente el riesgo de carcinogenicidad de esa sustancia.

El segundo tipo es la *incertidumbre*, propiamente dicha. En este caso se conocen los parámetros que intervienen en el fenómeno pero no las probabilidades específicas. En el caso de la enfermedad de las vacas locas, por ejemplo, la incer-

<sup>21</sup> Véase Salter (1988).

tidumbre puede residir en el hecho de que se conozca la existencia de una correlación entre la ingestión de carne de un animal afectado por EEB (encefalopatía espongiforme bovina) y la enfermedad humana de Creutzfeldt-Jakob, aunque no se hayan determinado los riesgos específicos para los diferentes niveles de ingesta. Este tipo de incertidumbre es, generalmente, superable mediante investigaciones adicionales desarrolladas a corto o medio plazo.

Un tercer caso de incertidumbre es la mera *ignorancia*. Este término es aplicable a las situaciones en las que ni se conocen las probabilidades ni siquiera los parámetros relevantes. Durante los años 50 y 60 se consideró que el DDT era un insecticida seguro, simplemente porque no se conocía el efecto de debilitamiento que tenía sobre las cáscaras de los huevos de las aves rapaces. Igualmente, durante mucho tiempo los conocidos CFCs (gases clorofluorocarbonados) se consideraban particularmente benignos para la atmósfera por su estabilidad química y porque se desconocían sus efectos sobre la capa de ozono de la atmósfera terrestre. Los posibles efectos perniciosos de los alimentos transgénicos para la salud humana, por último, pueden englobarse también en esta categoría.

El cuarto tipo de incertidumbre es la *indeterminación*. En esta clase de situaciones, los resultados de una acción pueden desarrollarse a lo largo de diferentes líneas, pero resulta imposible determinar por adelantado, por mucho conocimiento de que se disponga, cuáles serán los resultados finales. Un ejemplo de este tipo de incertidumbre puede ser lo que algunos autores han catalogado como de *indeterminación fundamental de los grandes sistemas tecnológicos* (Perrow, 1984).

Mientras que en la mayoría de tecnologías de escala pequeña o media es posible determinar de forma plausible, incluso experimentalmente, el grado de seguridad global de las mismas, en el caso de los grandes sistemas tecnológicos—como una central nuclear o un transbordador espacial—, la determinación del riesgo está siempre basada en cierto tipo de suposiciones que, en último término, resultan imposibles de fundamentar empíricamente. Se supone, por ejemplo, que si el sistema funciona en ciertas condiciones también lo hará en otras (Wynne, 1988); o que si ciertos componentes presentan niveles de riesgo aceptable por separado, también lo harán funcionando conectados entre sí, en un sistema complejo en el que las interacciones se multiplican.

Para ese tipo de tecnologías—grandes sistemas tecnológicos— es imposible ofrecer evaluaciones completas y fiables de su seguridad, siendo en cierto modo *inevitables* o *normales* los accidentes que tarde o temprano puedan producirse.<sup>22</sup> De todas formas, lo que debemos destacar en este contexto es, sin embargo, que la indeterminación constituye un tipo de incertidumbre que, por definición, no puede resolverse mediante más tiempo de investigación: no sólo por la complejidad de los sistemas implicados—en los que se producen fenómenos caóticos— si-

<sup>22</sup> Por este motivo, algunos autores abogan directamente por no desarrollar tecnologías de este tipo y substituir las existentes por sistemas de escala pequeña o media, cuya seguridad pueda ser comprobada de forma fiable, mediante un proceso incremental de ensayo y error. Véase, por ejemplo, Collingridge (1980).

no porque los riesgos dependen también de las acciones que un cierto número de agentes sociales o políticos tomen o dejen de tomar.

Otro caso ejemplar de indeterminación es el de las decisiones necesarias para prevenir los efectos del cambio climático. ¿Qué medidas deben tomarse para limitar al máximo los efectos del aumento del nivel del mar? La cadena causal de fenómenos que produce este efecto es, sin duda, larga, compleja y llena de incertidumbres por lo que respecta a sus eslabones, a sus efectos indirectos y a su secuencia temporal. Los asuntos que están en juego son ciertamente, importantes: ciudades inundadas, grandes migraciones y desastres políticos, sociales y económicos de gran magnitud. Elegir un curso de acción particular en lugar de otro puede entrañar consecuencias excepcionales y, a pesar de ello, la decisión sólo podrá basarse en información escasa y cuestionable.

El papel a desempeñar por la experticia científica en una CCTP dependerá en gran parte del tipo de incertidumbre que se halle involucrada. Mientras que los primeros dos tipos –riesgo e incertidumbre– no presentan mayores problemas, cuando la experticia científica se topa con la simple ignorancia o con la indeterminación, su eficacia en el cierre de la controversia resulta ciertamente limitada. La presión social en el contexto de las CCTP a menudo hace, además, que los científicos eviten la indeterminación reinterpretándola como simple incertidumbre.

## CIENCIAS HISTÓRICAS Y REFLEXIVAS

Otra clasificación, relacionada con la anterior, aunque esta vez desde el punto de vista explícito de las posibilidades de que la experticia científica alcance una clausura de la controversia, es la ofrecida por Collins y Evans (2002). Estos autores ofrecen una tipología de las ciencias regulativas, es decir, no “normales” agrupándolas en tres categorías básicas.<sup>23</sup>

La primera es la ciencia *Gólem*<sup>24</sup>. Este tipo de ciencia se caracteriza por ser potencialmente ciencia normal, es decir, supuestos un mayor desarrollo de las investigaciones y un período de tiempo razonable, no hay razones para dudar que los científicos puedan llegar a clausurar la controversia y resolver las cuestiones implicadas. En el debate en torno a los organismos modificados genéticamente (OMG), la cuestión de si los aparatos digestivos de las ratas resultan afectados por cierto tipo de patatas modificadas genéticamente, pertenece a esta categoría; y lo mismo ocurre con el vínculo causal entre la EEB y la enfermedad de Creutzfeldt-Jakob. Es necesario, sin embargo, separar estas cuestiones específicas de las que implican decisiones regulativas relacionadas –¿a qué tipo de normativas o le-

<sup>23</sup> Esta clasificación deja al margen, por razones que trataremos más adelante, las tecnologías de uso público y las ciencias o técnicas de planificación.

<sup>24</sup> Para una explicación de este concepto y un buen número de casos expuestos en tono divulgativo, véanse Collins y Pinch (1996 y 1998).

yes hay que someter los OMG?— en las que, obviamente, intervienen factores éticos, políticos o económicos, que van más allá de la experticia científica.

Un segundo tipo de ciencias son las que pueden denominarse *históricas*. Se trata de ciencias que se enfrentan a procesos o tendencias históricas que no pueden repetirse o replicarse mediante experimentos controlados en el laboratorio. El problema del calentamiento global o el de los efectos ecológicos de los OMG —distinto del de sus efectos en la salud de organismos concretos— son de este tipo.

El tercer tipo representa, más bien, una subclase del anterior: las *ciencias históricas reflexivas*. En este caso, los científicos tratan fenómenos en los que la incertidumbre es aún mayor, puesto que los resultados a largo plazo dependen, no sólo de sistemas muy complejos y de fenómenos de tipo caótico, como en el caso anterior, sino de las actividades humanas y, por tanto, de las imprevisibles decisiones políticas, económicas y sociales que puedan producirse en el futuro. La cuestión del calentamiento global es, en este sentido, no sólo histórica, sino reflexiva.

La conclusión que Collins y Evans extraen respecto a las ciencias históricas y reflexivas es similar a la que Wynne expone sobre la forma de incertidumbre que denomina indeterminación: en estos casos, la experticia científica, por sí sola, no puede alcanzar el tipo de consenso que se construye continuamente en el ámbito de la ciencia normal. Dicho de otro modo, la posibilidad de que la ciencia resuelva el tipo de controversias que involucran este tipo de fenómenos, es muy limitada. Las decisiones en estos contextos implicarán necesariamente, de forma explícita o implícita, valoraciones de orden cultural, social o político.

La ciencia Golem, es decir, la experticia científica que se enfrenta a la incertidumbre normal, también puede sin embargo resultar afectada por elementos socio-políticos, cuando el estado de las investigaciones es expuesto prematuramente a la esfera política antes de que los científicos hayan alcanzado el consenso entre sí. En estos casos, muy frecuentes, por cierto, el efecto pernicioso del diferente ritmo entre la toma de decisiones política y la formación de consenso científico, se ve agravado por la forma “digerida” y simplificada en que los debates científicos alcanzan el ámbito político, gracias a la labor de condensación de los medios de divulgación científica y de la prensa general:<sup>25</sup>

[...] indeed much of the complaint from the public is that the science has been prematurely passed to politicians who tried to impose a closure to the debates that would reassure the public about the safety of the new technologies when no closure had been reached by the scientists (Collins y Evans, 2002, 268).

Tanto las características de la ciencia regulativa que hemos examinado anteriormente, como las formas de incertidumbre que acabamos de exponer, hacen que la experticia científica en esos contextos pueda resultar influida por factores

<sup>25</sup> Puesto que, de hecho, ésa es, en parte, su tarea: condensar y simplificar la información científica.

sociales de diverso orden. Es en estos casos –y no, por lo tanto, en general– que la diversidad de posiciones científicas en el seno de una misma CCTP puede explicarse mediante sesgos producidos por la presión de agentes externos. Se trata, en cualquier caso, de una consecuencia directa de las características estructurales de la ciencia regulativa y del tipo de fenómenos naturales o de artefactos tecnológicos implicados en la controversia, y no de situaciones calificables simplemente como de instancias de “mala conducta científica”.

## FACTORES POSITIVOS DE SESGO

En este contexto se han propuesto diversas teorías para explicar el tipo de sesgos que pueden actuar sobre la experticia científica en las CCTP.<sup>26</sup> Cada una de esas teorías destaca un tipo distinto de factores causales prioritarios. Básicamente pueden clasificarse según tres categorías.

Por un lado, pueden detectarse factores de orden *institucional*. La forma en que se constituyen los comités de expertos o el contexto político en que deben moverse –si sufren interferencias legales, si están abiertos a escrutinio público, si sus dictámenes e informes son secretos, etc.– pueden conducir a resultados y apreciaciones distintas. En un estudio sobre las diferentes valoraciones del riesgo de una misma serie de sustancias químicas, efectuadas por científicos norteamericanos y británicos, Jasanoff (1987) identifica como factor causal más importante de la divergencia de opiniones entre ambos grupos, la diferencia en los procesos institucionales de la ciencia regulativa en ambos países: siendo la tradición norteamericana más abierta y transparente al público, llevada a cabo por científicos de agencias gubernamentales y sujeta a fuertes requisitos legales, mientras que la británica está basada en el secreto, en comités científicos creados ex profeso y sin grandes presiones legales. Como consecuencia de ello, los expertos británicos emitieron informes más optimistas sobre la posible toxicidad de las sustancias analizadas, a la luz de los estudios epidemiológicos desarrollados.

Un segundo tipo de factores es el de los que podemos denominar *políticos, económicos y profesionales*. Ésta es la categoría que aglutina la mayor parte de acusaciones de sesgo en la experticia científica y la que explica los casos de *captura* de los científicos por parte de alguna de las partes en el conflicto (Dickson, 2000). Dependiendo de dónde trabajan –una empresa farmacéutica, una compañía petrolífera, un grupo ecologista o un sindicato, por ejemplo– los científicos utilizan su experticia para promover sus propias preferencias o las de sus patrocinadores, jefes o compañeros. Los informes sobre los peligros del tabaco para la salud desarrollados o patrocinados por las compañías tabaqueras constituyen un ejemplo habitual para esta categoría.

<sup>26</sup> La obra de Schwarz y Thompson (1990) ofrece un repaso exhaustivo a esas teorías y propone una alternativa, la teoría *cultural*, que exponemos más adelante.

Una forma menos obvia de conceptualizar las diferencias en cuanto a la experticia científica en una CCTP es la de recurrir a factores *culturales*. Los científicos (como cualquier otra persona) pueden estar influidos en el terreno de la ciencia regulativa por sus formas de ver el mundo (Schwarz y Thomson, 1990, 56 y ss). Dichas cosmovisiones, inconmensurables entre sí, pueden conducir a visiones muy distintas, por ejemplo, de la naturaleza: unos la entienden como un elemento básicamente perverso a dominar; otros, la conciben como un ámbito efímero y frágil; los hay, también, que la ven como benigna y abundante en recursos. Para Schwarz y Thomson, las diferentes cosmovisiones pueden asociarse a formas distintas de racionalidad, de forma que la discrepancia científica en las CCTP puede explicarse mediante el choque entre una pluralidad de racionalidades.

Los tres modelos de explicación no son necesariamente excluyentes y pueden complementarse entre sí. En cualquier caso parece que cada uno de ellos resulta más adecuado para un tipo específico de controversias. Los factores institucionales, por ejemplo, explican mejor las diferencias nacionales en la determinación de riesgos, cada vez más evidentes por el creciente papel de los organismos supranacionales (la Unión Europea, sin ir más lejos) en las regulaciones sobre ciencia y tecnología. La teoría de los intereses políticos y económicos explica las diferencias en controversias con amplios efectos políticos y económicos. La teoría cultural, por último, resulta más adecuada en aquellas CCTP en las que la experticia se mueve en terreno de gran incertidumbre o indeterminación —es decir, en las ciencias que anteriormente hemos catalogado como históricas y reflexivas. Las controversias relacionadas con el cambio climático, el control de la población y las cuestiones energéticas, por ejemplo, son particularmente propensas a la intervención de estos factores culturales.

## EXPERTICIA CIENTÍFICA Y SOCIOLOGÍA NAÏF

La incertidumbre y la indeterminación sobre los efectos de las elecciones tecnológicas, debidas a la imposibilidad de diseñar dispositivos experimentales o simplemente a la complejidad de los sistemas implicados, hacen que los fines y los medios resulten tremendamente interconectados. Si quieren decidir sobre los medios, los expertos científicos deben, a menudo, tomar posiciones sobre los valores y principios morales relacionados con un problema o proyecto (Pellizzoni, 1999, 100): ya sea de forma explícita o implícita. Si se toma como objetivo la disuasión nuclear, ¿hacia dónde deben apuntar los misiles?: ¿hacia las bases de misiles del enemigo o hacia sus áreas urbanas? Es decir, ¿la disuasión debe encaminarse a amenazar con una masacre sobre población civil para presionar al adversario o, por el contrario, a promover una guerra lo más corta posible?

Sin embargo, la presencia más o menos enmascarada de juicio valorativos o políticos en los informes, dictámenes o recomendaciones científicas puede producirse también de un modo distinto y más sutil, aunque relacionado con éste. El ejercicio de la experticia científica, especialmente en el contexto de la ciencia regulativa, suele depender de algún modelo implícito del mundo social en que las

resoluciones expertas deben implementarse; un modelo que se utiliza normalmente de forma acrítica y aproblemática y que rara vez se discute abiertamente.

Un ejemplo simple lo encontramos en un estudio<sup>27</sup> realizado sobre una CCTP que tuvo lugar en el Reino Unido, sobre los efectos de un herbicida denominado 2,4,5-T. En este caso, los científicos gubernamentales se pronunciaron asegurando la no toxicidad del mismo. Posteriormente, se supo que los expertos científicos habían elaborado su informe bajo el supuesto de que los usuarios del producto seguirían al pie de la letra las recomendaciones de seguridad de los fabricantes del herbicida. Si, por el contrario, los científicos hubieran tenido en cuenta las condiciones de trabajo reales de los agricultores británicos involucrados –en lugar de proyectar sobre ellos su propia forma de actuar en los laboratorios– hubieran entendido lo erróneo de su suposición. Dados los medios disponibles para la mayor parte de agricultores, les era prácticamente imposible seguir las recomendaciones estrictas de uso que recomendaba el fabricante.

Ejemplos como éste muestran que, al erigir sus recomendaciones sobre un modelo erróneo de la realidad social específica en que éstas deben implementarse, su efectividad y, consecuentemente, la confianza del público en ellas, pueden verse seriamente dañadas. En estos casos, el viejo adagio de la ‘falta de comprensión de la ciencia por parte del público’ puede transformarse justamente en su contrario: es la ciencia la que no “entiende” correctamente al público (o a sus circunstancias).

De hecho, en la mayor parte de controversias sobre los riesgos para la salud del trabajador de productos químicos usados en la agricultura, se producen este tipo de situaciones. Mientras que las medidas regulativas públicas suelen ir dirigidas a determinar concentraciones específicas en las preparaciones que deben utilizarse, los riesgos para un trabajador individual dependen de otros factores que no suelen tomarse en cuenta o sobre los que se hacen suposiciones con poca base empírica: el tipo de indumentaria, la prácticas laborales, la actitud en determinadas situaciones meteorológicas, etc. (Yearley, 1999).

En las controversias públicas, por lo tanto, los dictámenes científicos a menudo llevan implícitos modelos o suposiciones sobre el mundo social que no suelen problematizarse en absoluto. Dicho de otra forma, en el contexto público de la ciencia regulativa, el conocimiento científico acostumbra a incorporar una especie de *sociología naïf* que, a pesar de su importancia, rara vez se contrasta de forma explícita.

## CIENCIA: UNA INSTITUCIÓN EN LA SOCIEDAD

Hasta ahora hemos visto en qué condiciones la experticia científica puede estar sujeta al influjo de factores sociales, políticos o culturales de distinto orden. Los científicos, por lo tanto, en el turbulento mundo de las CCTP, están sujetos

<sup>27</sup> Véase Wynne (1983).

–en ciertas condiciones– a los mismos prejuicios que pueden afectar al resto de actores o participantes. El valor de la experticia científica para el cierre de las CCTP, sin dejar de ser enorme, es limitado. Y es la consciencia de ese límite, precisamente, y no su encubrimiento, lo que puede aumentar aún más su valor.

Al identificar las condiciones a que puede estar sujeta a sesgo o captura la experiencia científica por parte de los distintos agentes sociales, estamos reconociendo, indirectamente, por un lado que la ciencia es una institución *en* la sociedad –y no un dominio asilado– y que sus miembros pueden estar sujetos a las mismas presiones que otros individuos. Pero, además, estamos mostrando que la imagen de las CCTP como espacios de confrontación entre científicos, por un lado, y el público, por otro, supone una profunda distorsión de la realidad.

En la mayor parte de CCTP, la experticia científica aparece distribuida –si bien de forma asimétrica– entre los distintos agentes en conflicto. Las confrontaciones que se producen son debidas, como mínimo parcialmente, a los desacuerdos entre las distintas posiciones científicas implicadas y no a un enfrentamiento entre las percepciones irracionales o malinformadas del público no experto, por un lado, y las de los científicos, por otro. Ni siquiera resulta correcta, en muchos casos, la estrategia de diferenciar las instancias contaminadas o distorsionadas de la experticia científica, de aquellas que siguen los parámetros de una ‘buena conducta científica’.

## BIBLIOGRAFÍA

- Brante, Th. (1993): "Reasons for studying scientific and science-based controversies". En: Brante, Th.; Fuller, S.; Lynch, W. (ed.). *Controversial science*. Nueva York. State University of New York Press. Pp. 177-192.
- Broncano, F. (2000): *Mundos Artificiales. Filosofía del Cambio Tecnológico*. México. Paidós.
- Collingridge, D. (1980): *The Social Control of Technology*. Londres. Frances Pinter.
- Collins, H.M. (1985): *Changing Order. Replication and Induction in Scientific Practice*. Chicago. University of Chicago Press.
- Collins, H.M. y R. Evans (2002): "The Third Wave of Science Studies: Studies of Expertise and Experience". *Social Studies of Science*, vol. 32, n. 2. Pp. 235-296.
- Collins, H.M. y T.J. Pinch (1998): *The Golem at Large. What You Should Know About Technology*. Cambridge. Cambridge University Press.
- Collins, H.M. y T.J. Pinch (1996): *El Golem. Lo que todos deberían saber sobre la ciencia*. Madrid. Crítica.
- Dickson, David (2000): "Science and its Public: The Need for a 'Third Way'". *Social Studies of Science*, Vol. 30, n. 6. Pp. 917-923.
- Farley, J. y G.L. Geison (1994): "Ciencia, política y generación espontánea en la Francia del XIX: el debate entre Pasteur y Pouchet". En: C. Solís (ed.). *Razones e intereses*. Barcelona. Paidós. 219-264.
- Funtowicz, S.O. y J.R. Ravetz (1993): "Sciences in the Post-Normal Age". *Futures*, vol. 25, n. 7. Pp. 739-755.
- Jasanoff, S. (1990): *The fifth branch. Science advisors as policymakers*. Cambridge (Massachusetts). Harvard University Press.

- Jasanoff, S. (1987): "Cultural Aspects of Risk Assessment in Britain and the United States". En: B.B. Johnson y V.T. Covello (eds.). *The Social and Cultural Construction of Risk: Essays on Risk Selection and Perception*. Dordrecht. Reidel Publishers. Pp. 359-397.
- Latour, B. (2001): *La esperanza de Pandora. Ensayos sobre la realidad de los estudios de la ciencia*. Barcelona. Gedisa.
- Latour, B. (1992): *Ciencia en acción*. Barcelona. Labor.
- Latour, B. (1991): "Pasteur y Puchet: heterogénesis de la historia de las ciencias. En: Michel Serres (ed.). *Historia de las ciencias*. Barcelona. Cátedra. Pp. 477-501.
- Latour, B. y S. Woolgar (1995): *La vida en el laboratorio. La construcción de los hechos científicos*. Madrid. Alianza.
- Martin, Brian y Evelleen Richards (1995): "Scientific knowledge, controversy, and public decision-making". En: S. Jasanoff, G.E. Markle, J.C. Petersen y T. Pinch (eds.). *Handbook of Science and Technology Studies*. London. Sage. Pp. 506-526.
- Mitcham, Carl (1994): *Thinking through Technology: The Path between Engineering and Philosophy*. Chicago. Chicago University Press.
- Nelkin, Dorothy (1995): "Science Controversies: The Dynamics of Public Disputes in the United States". En: S. Jasanoff, G.E. Markle, J.C. Petersen y T. Pinch (eds.). *Handbook of Science and Technology Studies*. London. Sage. Pp. 444-456.
- Pellizoni, Luigi (1999): "Reflexive Modernization and Beyond: Knowledge and Value in the Politics of Environment and Technology". *Theory, Culture and Society*, vol. 16, n. 4. Pp. 99-125.
- Perrow, Charles (1984): *Normal Accidents. Living with High-Risk Technologies*. New York. Basic Books.
- Pinch, T. (1986): *Confronting Nature: The Sociology of Solar-Neutrino Detection*. Dordrecht. Reidel.
- Salter, Liora (1988): *Mandated Science: Science and Scientists in the Making of Standards*. Dordrecht. Kluwer Academic Publishers.
- Schwarz, M. y M. Thompson (1990): *Divided We Stand: Redefining Politics, Technology and Social Change*. Londres. Harvester Wheatsheaf.
- Woolgar, Steve (1991): *Ciencia: abriendo la caja negra*. Barcelona. Anthropos.
- Wynne, Brian (1992): "Public Understanding of Science Research: New Horizon or Hall of Mirrors?" *Public Understanding of Science*, vol. 1, n.1. Pp. 321-337.
- Wynne, Brian (1988): "Unruly Technology: Practical Rules, Impractical Discourses and Public Understanding". *Social Studies of Science*, vol. 18. Pp. 147-67.
- Wynne, Brian (1983): "Redefining the issues of risk and acceptance: The social viability of technology". *Futures*, vol. 15. Pp. 13-32.
- Yearley, Steven (1999): "Computer Models and the Public's Understanding of Science: A Case-Study Analysis". *Social Studies of Science*, vol. 29, n. 6. Pp. 845-866.

## CAPÍTULO VI

# La comprensión pública de la ciencia y la tecnología

*Eduard Aibar*

### LA IMPORTANCIA DE LA ACTITUD DEL PÚBLICO

La confrontación entre el público y la experticia científica, es decir, entre legos y expertos, constituye un tópico persistente en el estudio de las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad. Para algunos autores, incluso, la tensión entre expertos y legos, en general, plantea problemas críticos de orden político que llegan a afectar al concepto mismo de democracia.<sup>1</sup> Desde el punto de vista del análisis de la cultura tecnológica, queda claro que la comprensión de la dinámica de las controversias científico-tecnológicas públicas<sup>2</sup>, requiere no sólo el estudio del papel que en ellas desempeña la experticia científica<sup>3</sup>, sino la observación, también, de la forma en que el público recibe dicha experticia y la manera en que la valora y juzga.

<sup>1</sup> Véanse, por ejemplo, los trabajos de Turner (2001) y Latour (2001).

<sup>2</sup> En adelante CCTE.

<sup>3</sup> Véase al respecto el capítulo 5 de esta obra.

Existe toda una disciplina dedicada desde hace años, precisamente, al estudio de la comprensión y percepción públicas de la ciencia.<sup>4</sup> En gran parte, el desarrollo y auge reciente de este tipo de investigaciones se debe a la creciente conciencia, por parte de gobiernos y empresas de alta tecnología, de que uno de los factores clave para el rápido desarrollo y difusión de los productos tecnológicos es la confianza del público en ellos y la aceptación general de sus ventajas y beneficios (Davidson *et al.*, 1997).

En áreas como la biotecnología, que han causado entre la población grandes dosis de incertidumbre y preocupación desde los años 80, son muchos los organismos gubernamentales y supranacionales que han desarrollado estudios estadísticos, basados fundamentalmente en cuestionarios, para determinar los niveles de aceptación por parte del público de determinadas posibilidades tecnológicas y para medir, paralelamente, el nivel de conocimiento general sobre las cuestiones científicas relacionadas. Igualmente, son numerosos los organismos públicos que realizan, de forma regular y sistemática, sondeos de opinión sobre la actitud pública de los ciudadanos hacia la ciencia y la tecnología.

La Comisión Europea, por ejemplo, a través de los Eurobarómetros que se llevan a cabo desde 1973 a cargo de la Dirección General de Prensa y Comunicación, realiza encuestas específicas sobre percepción pública de la ciencia y la tecnología y, en algunos casos, desarrolla también estudios de opinión pública sobre tecnologías específicas. El último de esos estudios publicado en diciembre de 2001, lleva como título *Europeos, ciencia y tecnología*<sup>5</sup>. La confianza que los políticos y las agencias reguladoras tienen en este tipo de encuestas es considerablemente alta. Los resultados que de ellas se extraen, de hecho, suelen ser explícitamente utilizados para sustentar algunas de sus decisiones y medidas políticas.

Desde el mundo académico, por el contrario, las encuestas de opinión de este tipo han padecido, desde hace tiempo, una creciente crisis de legitimidad. En especial desde los estudios sociales de la ciencia y la tecnología, numerosos autores han puesto en entredicho muchos de sus supuestos básicos, sus conclusiones, las recomendaciones que a menudo se construyen basándose en éstas, la metodología sobre la que se diseñan e, incluso, los intereses y objetivos a los que sirven.

Existe un acuerdo bastante generalizado entre los investigadores a la hora de considerar que el modelo tradicional de comprensión pública de la ciencia<sup>6</sup> debe abandonarse o, como mínimo, reformularse de forma sustancial. A continuación, examinaremos algunos de los problemas fundamentales que han configurado esta situación de crisis o agonía. No debemos olvidar, sin embargo, que a pesar de ello continúa siendo el modelo dominante entre los organismos públicos y los re-

<sup>4</sup> En inglés se conoce a esta disciplina con la expresión *public understanding of science*.

<sup>5</sup> European Commission (2001). Desde 1980 los eurobarómetros incluyen a Grecia, desde 1985 a Portugal y España, desde 1990 a Alemania del Este y desde 1995 a Austria, Finlandia y Suecia.

<sup>6</sup> En adelante CPC.

presentantes políticos y el que, mayoritariamente, conforma la imagen que estos agentes tienen de la relación entre el público y la experticia científica.

## EL MODELO DE DÉFICIT

Los estudios de CPC tradicionales están basados en lo que ha dado en llamarse *modelo de déficit*. La razón de esta denominación es simple: dichos estudios se apoyan en el supuesto básico de que el público presenta un déficit cognitivo, más o menos acusado, por lo que respecta al conocimiento científico. Su objetivo, por lo tanto, debe ser el de analizar la magnitud y los rasgos básicos de dicho déficit. La CPC constituye, de ese modo, una forma indirecta de medir el grado de *alfabetización científica*<sup>7</sup> de la población, es decir, el nivel de conocimientos científicos que tiene un ciudadano medio (Locke, 2002).

Esta tendencia a interpretar la cuestión de la CPC como un problema de alfabetización científica descansa, a su vez, en una hipótesis más básica: que la resistencia pública hacia una tecnología está causada, fundamentalmente, por una falta de comprensión de los hechos científicos relevantes. Consecuentemente, la esperanza es que dicha resistencia desaparecerá o se reducirá significativamente si aumenta el nivel educativo de los individuos en cuestiones científicas. Se vincula, de esta forma, “un público mejor informado” a “un público más razonable”, en el sentido de suponer que el público más educado mostrará, por ejemplo, una menor demanda de regulación sobre la industria o sobre determinados desarrollos tecnológicos. La oposición pública hacia una nueva tecnología se explica, pues, por el bajo nivel de comprensión pública de los conocimientos científicos (Friedman, 1991).

## CUESTIÓN DE CONFIANZA

Los estudios de caso realizados en los últimos años sobre CCTP, es decir, sobre instancias específicas de controversias en ciencia y tecnología y no sobre la ciencia en general, muestran sin embargo que, en los casos en que el público tiene un interés directo en una cuestión científica o tecnológica, su comprensión de los problemas implicados no se produce tanto en función del grado en que entienden determinadas parcelas del conocimiento científico, como de la evaluación que llevan a cabo de las instituciones científicas con las que tratan (Yearley, 1999, 847). La actitud de los residentes en una zona próxima a una industria potencialmente peligrosa no puede explicarse de forma realista según su nivel de comprensión de la ciencia. El público suele formar su actitud y su evaluación de las medidas de seguridad de la fábrica en base, no sólo a lo que entienden de los detalles técnicos de la información que se les suministra, sino, especialmente, de acuerdo a la confianza que les inspiran los técnicos de la empresa y a la manera en que interpretan su actitud.

<sup>7</sup> En inglés *scientific literacy*.

Dos lecciones pueden extraerse de este tipo de estudios. En primer lugar resulta cada vez más claro que, a pesar de lo que las encuestas en CPC suelen suponer, lo que acostumbra a preocupar a la gente, no es tanto la ciencia en general, sino aplicaciones o tecnologías concretas, es decir, instancias específicas de la práctica científica y tecnológica (Collins y Evans, 2002, 274). De hecho, la mayor parte de encuestas muestran una actitud global francamente positiva respecto a la ciencia y la tecnología.

En el último Eurobarómetro sobre estas cuestiones (Comisión Europea 2001), los ciudadanos europeos consideran que los beneficios que producen la ciencia y la tecnología (“combatir enfermedades”, “mejorar la vida cotidiana”, “favorecer el interés general”, etc.) sobrepasan claramente sus impactos negativos. Incluso en aquellas áreas en que *a priori* podría esperarse una actitud más crítica o escéptica—biotecnología, investigación espacial, telecomunicaciones— la gente cree, mayoritariamente, que los desarrollos en estos ámbitos contribuirán a mejorar las condiciones de vida en el futuro próximo:

We must distinguish, therefore, between three sub-groups of propositions; combating diseases, improving daily life and interest at work are still broadly attributed to scientific progress. The overall view of science (namely the balance between its positive effects and harmful consequences) still remains positive. But it is now no longer considered possible that science and technology can be a panacea for a series of problems, a large part of which need in fact to be addressed by other agencies, and in particular by public social or environmental policies (Comisión Europea, 2001, 30).

La actitud crítica o desconfiada del público, por lo tanto, se centra más en prácticas científicas o tecnológicas concretas que les afectan directamente, que a la ciencia en general. En esas situaciones, y ésta es la segunda lección que merece la pena resaltar, la *confianza* desempeña un papel crucial. La gente desconfía, por ejemplo, de los científicos que trabajan para agencias gubernamentales y, especialmente, de los empleados en empresas o corporaciones empresariales.

En un informe reciente de la *Casa de los Loes* británica, por ejemplo, los autores situaban el origen de las sospechas que el público tiene sobre la fiabilidad de los científicos que trabajan como asesores del gobierno británico, en el hecho de que, a principios de los 90, éstos les hubieran mentido, asegurando que el consumo de carne de ternera no representaba ningún riesgo para la salud humana. De esta forma se obviaba que la mayor causa de preocupación por parte del público era su percepción, por lo que se sabe, bastante acertada, de que tal “mentira” era debida a la desmesurada influencia que la industria granadera tenía en el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Pesca (Dickson, 2000).

En este caso, como en otros muchos en este ámbito, se traduce una situación originada en un particular estado de los vínculos socioeconómicos de la experticia científica, en una simple cuestión de mala conducta científica. Esta estrategia permite formular el problema de manera que su hipotética resolución resulte considerablemente menos traumática para el *status quo*.

La situación actual, por lo tanto, presenta un marcado contraste. Mientras que la mayoría de científicos, empresarios y políticos siguen centrando su aten-

ción en la alfabetización científica y en la educación del público, los investigadores en controversias tecnológicas, en cambio, tienden a poner énfasis en la “construcción de la confianza” como elemento clave. Algunos autores argumentan, específicamente, que los niveles de confianza pública pueden ser determinantes en la configuración de la actitud de aceptación o rechazo de determinadas tecnologías. Slovic (1993), por ejemplo, sostiene que la percepción de los riesgos derivados de la energía nuclear era tan alta en Francia como en los EEUU, pero que los franceses aceptaron la implantación de centrales nucleares porque confiaban, en bastante mayor medida que los americanos, en su gobierno y en los expertos que diseñaron y dirigieron la construcción de las centrales.

Sin embargo, las actividades para potenciar la confianza son interpretadas, a menudo, por los gobiernos y las empresas como un simple medio para convencer al público de que acepte una tecnología controvertida. Por otro lado, la confianza resulta muy difícil de establecer porque depende de factores muy diversos y difíciles de controlar. Wynne (1992) insiste, por ejemplo, en que la confianza es algo mucho más difícil de desarrollar que de romper. Mientras que una gran cantidad de actividades para potenciarla puede tener sólo un ligero impacto positivo en la confianza del público, un sólo acontecimiento (como el desastre de Chernobyl) la puede hacer decrecer de forma mucho más acusada.

Una estrategia conocida para aumentar la confianza es el aporte de información. Las encuestas públicas han mostrado, en ese sentido, que en general el público quiere tener más y mejor información sobre las cuestiones científicas y tecnológicas. De hecho es posible afirmar que en el terreno de la ciencia y la tecnología, la confianza del público sólo puede construirse a través del aporte de información. Es necesario, además, complementar esta actitud aceptando el hecho de que la información no tiene por qué producir, de forma invariable, una mayor aceptación pública de las tecnologías o líneas de investigación que un gobierno o un grupo de empresas determinado, considera oportuno impulsar o desarrollar. En este sentido, los científicos son agentes importantes en la construcción activa de la confianza pública; pero, al mismo tiempo, deben aprender a aceptar también las opiniones públicas negativas y las consecuencias de los debates públicos que no sean absolutamente coincidentes con sus posiciones.

Por otro lado, la construcción de la confianza parte de la gran ventaja inicial que supone la actitud generalmente positiva de la opinión pública hacia la ciencia y la tecnología, que hemos mencionado más arriba. Plantear la oposición de grupos sociales concretos en una CCTP determinada como el simple fruto de actitudes anti-científicas constituye, por lo tanto, un gran error; que ciertas soluciones científica concretas y ciertos usos de la tecnología sean causa de desaprobación pública no debe tomarse como índice de una actitud generalizada de desconfianza o animadversión contra la ciencia.

La confianza, en cualquier caso, no es por sí sola, suficiente para mejorar la aceptación pública de determinados desarrollos científicos y tecnológicos. La mayor parte de los esfuerzos institucionales para mejorar la comprensión pública de la ciencia, aun en el caso de que intenten explícitamente construir niveles mayores de confianza, no se encaminan a mejorar los mecanismos de toma de decisio-

nes (Dickson, 2000). Si el público percibe, en consecuencia, que independientemente de cuál sea su actitud, los procesos de toma de decisiones permanecerán invariables, no existe prácticamente ningún incentivo para mejorar su comprensión de las cuestiones científicas involucradas. De hecho, la ignorancia que muchas de las encuestas de CPC detectan puede explicarse, en instancias particulares, como el resultado del desencanto que produce la imposibilidad de una intervención significativa (Davidson *et al.*, 1997). Cuando el público percibe una posibilidad real de intervenir en los procesos de toma de decisiones, su capacidad para llegar, en poco tiempo, a manejar con pericia conocimientos científicos o técnicos complejos, puede ser impresionante.<sup>8</sup>

## CONOCIMIENTO CIENTÍFICO Y CONOCIMIENTO SOBRE LA CIENCIA

Normalmente, el resultado de los numerosos estudios estadísticos sobre el nivel de alfabetización científica de las poblaciones de diversos países establece niveles sorprendentemente bajos de alfabetización tecnológica en los países más desarrollados:<sup>9</sup> el porcentaje de individuos científicamente alfabetizados no suele superar demasiado el 10%. Es éste un extremo en el que acostumbran a apoyarse los defensores del modelo de déficit. La mayoría de esos estudios, sin embargo, interpretan la alfabetización científica como la capacidad para definir términos científicos (como ADN, PNB o radiación) o para responder preguntas factuales sobre la ciencia (¿es mayor un electrón que un átomo?, ¿gira el sol alrededor de la tierra?, ¿los continentes se mueven?, etc.).

En el Eurobarómetro que hemos mencionado anteriormente, por ejemplo, se pide a los encuestados que consideren verdaderas o falsas afirmaciones de este tipo: “los primeros seres humanos fueron coetáneos de los dinosaurios”, “toda radiactividad es de origen artificial”, “el oxígeno que respiramos proviene de las plantas”, “el núcleo de la tierra está a alta temperatura” o “los antibióticos eliminan tanto virus como bacterias” (Comisión Europea, 2001, 20).

Algunos autores han manifestado, desde hace tiempo, la necesidad de reemplazar esta caracterización estrecha de la comprensión de la ciencia, por otra más adecuada. Miller (1983), por ejemplo, define la alfabetización científica en base a tres componentes: la capacidad del individuo para leer, entender y expresar su opinión sobre temas científicos; la comprensión de las normas científicas y el conocimiento de las teorías y hallazgos científicos más importantes y, finalmente, la conciencia sobre los impactos de la ciencia y la tecnología en la sociedad. En cualquier caso, las respuestas al tipo de preguntas factuales que hemos mostrado resultan más complejas de interpretar de lo que a primera vista parece, porque la

<sup>8</sup> Un ejemplo clásico en este sentido lo constituyen los grupos norteamericanos de afectados por el SIDA.

<sup>9</sup> Véase, por ejemplo, Moreno *et al.* (1992).

adecuación de las preguntas y su formulación son, como mínimo discutibles, en un buen porcentaje de casos:

To take acid rain, for example, the surveys results [only 6 % of the population could give a “scientifically correct” answer to a question about the causes of acid rain. Even among the “attentive public”, 76 % could not give a more specific answer than “pollution”] ignore the fact that scientists themselves are in considerable uncertainty as to the precise causes of acid rain; thus the “correct” answer against which to measure public responses is not simple. For other questions, such as whether the earth goes round the sun, or the sun round the earth, the “obvious” correct answer is the former. But both in fact are true; the “obvious” true answer is a simplification. On yet other questions, such as whether hot air raises, or whether light travels faster than sound, answers are less ambiguous. Even so, to construct a bald measure of “scientific literacy” out of context raises serious questions about what such measures actually mean and about the inadvertently prescriptive and political role of such research (Wynne 1995, 366).

Entender la ciencia es, pues, mucho más que tener conocimientos factuales de ese tipo o ser capaz de responder adecuadamente a afirmaciones específicas fuera de contexto. Por ejemplo, entender la ciencia puede querer decir, también, entender cómo funciona y cómo se relaciona con otros agentes sociales. Para ello es importante no confundir el conocimiento científico con el conocimiento sobre la ciencia: saber más ciencia no equivale, necesariamente, a saber más *sobre* la ciencia. Es decir, puede considerarse, que además de sus productos o resultados, la comprensión de la actividad científica real y sus vínculos con otras instituciones sociales son también factores importantes a tener en cuenta. Es posible argumentar, incluso, que son precisamente esos aspectos los que son más útiles en aquellos contextos en que el ciudadano debe enfrentarse a un problema social relacionado con cuestiones científicas.<sup>10</sup>

En cualquier caso, la imagen pública de la ciencia no puede describirse satisfactoriamente si no se tienen en cuenta este tipo de cuestiones. Por ello, una de las críticas más importantes que pueden hacerse al modelo de déficit en la CPC es que la comprensión y la actitud que el público tiene hacia la ciencia y la tecnología no reside en su capacidad de conocer ciertos hechos, sino en la habilidad para interpretar ciertas relaciones sociales relevantes, por ejemplo, en las CCTP y en la posibilidad de formular juicios culturalmente informados sobre la fiabilidad de las fuentes de conocimiento y sobre las dinámicas de las identidades culturales locales (Michael, 2002).

Si nos centramos en estos aspectos, los resultados pesimistas de las encuestas sobre alfabetización científica de la población dejan de ser tan significativos como a primera vista parecen. Los legos pueden tener, especialmente cuando la situación les afecta directamente, un buen conocimiento de los procesos sociales en los que se relacionan los agentes involucrados en un problema determinado.

<sup>10</sup> Un argumento de este tipo se expone en las últimas páginas de Collins y Pinch (1996).

## INFORMACIÓN Y APOYO INCIERTO

Desde el punto de vista de las perspectivas tradicionales y en el marco del modelo de déficit, la percepción pública de la ciencia se equipara casi automáticamente con el análisis del nivel de aprecio y apoyo público a la ciencia y la tecnología y con el estudio de la comprensión y el uso “correcto” por parte del público de la experticia y los consejos científicos (Wynne, 1995). El campo de la *percepción del riesgo*, por ejemplo, un ámbito de estudios claramente emparentado con la CPC se suele definir bajo la suposición de que el público se opone a tecnologías específicas, como las centrales nucleares o los alimentos modificados genéticamente, fundamentalmente porque malinterpreta o no entienden bien los riesgos “reales” —obviando el hecho flagrante de que en muchos casos los mismos expertos científicos no han alcanzado un acuerdo estable respecto a la naturaleza de tales riesgos.

En cualquier caso, los estudios sobre alfabetización científica, dejando al margen ahora los graves problemas metodológicos y conceptuales que padecen, muestran un nivel relativamente bajo para amplios sectores de la población. Parece indudable, en este sentido, que un nivel educativo más alto, puede conducir a elecciones más adecuadas y fundamentadas sobre los temas involucrados en las controversias públicas. La cuestión que preocupa a muchos sectores es si un mayor conocimiento de la ciencia y la tecnología, puede aumentar significativamente el nivel de aceptación pública de la tecnología.

La actitud habitual de la industria y los gobiernos, sin embargo, parece apoyarse en la creencia contraria. El gobierno francés, por ejemplo, se mostraba remiso a promover campañas de información pública sobre la energía nuclear en los años 70, temiendo que su consecuencia fuese el desarrollo de controversias tan intensas y virulentas como las que se habían producido ya en otros países (OECD, 1979: 42). En esta línea, para algunos autores la sola mención de las posibles consecuencias negativas de una tecnología, actúa como un detonante de las actitudes viscerales de rechazo (Lehrman, 1992). De hecho, las investigaciones en el terreno de la energía nuclear, han mostrado que muchas campañas informativas, pensadas para disminuir la resistencia pública, acabaron teniendo, efectivamente, la consecuencia contraria. Estudios similares en otras áreas de la ciencia y la tecnología parecen abalar esta conclusión:

[...] our findings suggest that, with respect to the regulatory science of drug testing, the *least* informed group (the healthy group) was the most supportive of the science. This suggests that achieving public support for medicines regulation is not merely a matter of providing the public with more information, although this is important.

[... ] We would suggest that the patients group and the health professionals were anxious about the technical uncertainties in drug testing because those uncertainties represent real risks which science shows few signs of resolving. Addressing such anxieties, therefore, is not merely a matter of educating the public about science; it also requires confronting the political relationship between technological risks and the interests affected by drug treatment (Abraham y Sheppard, 1997, 159).

En general, los resultados de los estudios realizados sobre esta materia indican, en primer lugar, que el supuesto básico del modelo de déficit, es decir, que la falta de apoyo es función principalmente del déficit cognitivo del público, constituye una hipótesis muy poco avalada por los datos disponibles y queda, como mínimo, fuertemente cuestionada. En segundo lugar, no hay razones para creer que un mayor conocimiento sobre una tecnología o un problema ambiental determinado, aumenten automáticamente la aceptación del público y disminuyan sus preocupaciones o temores al respecto. El efecto del conocimiento sobre la aceptación es evidentemente complejo y puede aumentar tanto la aceptación como la oposición dependiendo del tipo de información suministrada y de diversos factores de orden cultural, algunos de los cuales, examinaremos a continuación.

### LAS RAÍCES CULTURALES DE LA ACTITUD PÚBLICA HACIA LA TECNOLOGÍA

Efectivamente, en un cierto número de los estudios mencionados, se acepta explícitamente el importante papel que diversos factores de orden cultural (a escala nacional o respecto a grupos sociales o profesionales específicos) juegan en la actitud pública hacia la tecnología. Steel *et al* (1990), por ejemplo, en un estudio sobre la percepción de riesgos medioambientales derivados de la contaminación, entre la población canadiense y la norteamericana, concluyen que los efectos de un mayor conocimiento sobre el tema dependen, en un grado altamente significativo, de las características nacionales y culturales específicas de la población.

Schwarz y Thompson (1990), como hemos visto anteriormente, sostienen que las actitudes hacia la tecnología están fuertemente influidas por las “visiones del mundo” y los valores preexistentes –y que, consecuentemente, el impacto de nueva información puede resultar limitado por dichos elementos. Distintos estudios en el área de la percepción del riesgo defienden una posición similar y muestran que los tipos de riesgo que la gente percibe ligados a determinadas tecnologías o desarrollos científicos, dependen en gran medida de sus formas de vida y de sus maneras de entender el mundo.<sup>11</sup>

A pesar de que la importancia de estos factores culturales es ampliamente reconocida en la literatura, existen pocos estudios concretos que pongan en evidencia en qué medida y de qué forma las particularidades culturales pueden configurar la actitud pública hacia la tecnología. En un intento por llenar este hueco en la investigación, el *Institute for Research on Intercultural Cooperation*<sup>12</sup> llevó

<sup>11</sup> Para un excelente repaso a las distintas problemáticas en la evaluación y percepción de riesgo, véase Adams (1995).

<sup>12</sup> IRIC. Se trata de un instituto fundado por el conocido investigador social holandés Geert Hofstede, en la antigua Universidad de Limburg (Países Bajos) –la actual Universidad de Maastricht– y ahora asociado a la Universidad de Tilburg.

a cabo hace algunos años un estudio sobre las raíces culturales de las actitudes hacia la biotecnología (Hofstede y Schwan, 1992).

El trabajo realizado por IRIC está basado en los resultados de un sondeo del *Eurobarómetro de 1991* sobre la opinión pública en temas relacionados con la biotecnología. En concreto, el sondeo pretendía obtener información acerca de dos ámbitos básicos:

- a) el conocimiento y la comprensión de los desarrollos en biotecnología en los diferentes países de la Unión Europea;
- b) las actitudes valorativas hacia los desarrollos biotecnológicos entre el público de dichos países.

Las principales conclusiones de Eurobarómetro (según los datos obtenidos durante marzo y abril de 1991) eran, por un lado, que el nivel de información pública sobre los desarrollos en el campo de la biotecnología podía calificarse como precario, especialmente en Portugal, Grecia y España. Por otro lado, y en la línea de lo que hemos expuesto más arriba, las actitudes públicas hacia la biotecnología, en cambio, eran bastante positivas, aunque existía una minoría de opiniones críticas de distinto tamaño en cada uno de los países estudiados.

En general, los datos muestran un patrón muy similar al obtenido por el Eurobarómetro sobre investigación genética desarrollado en los años 70. Hay una opinión claramente mayoritaria de que los desarrollos futuros en biotecnología deberían estar sujetos a control gubernamental. La televisión y los periódicos aparecen como las principales fuentes de información pública sobre las biotecnologías y las asociaciones de consumidores se consideran la fuente de información más fiable respecto a las aplicaciones de la nueva tecnología.

A modo de ejemplo podemos considerar las respuestas a la pregunta 35-3: “¿la biotecnología o la ingeniería genética mejorarán nuestra forma de vida durante los próximos 20 años o harán que las cosas empeoren?”. Las respuestas a esta pregunta muestran que la nacionalidad, por encima del nivel educativo, el sexo, la edad, etc., es la variable que mejor explica las mayores diferencias en las respuestas (siendo la mayor distancia la que existe entre Dinamarca y Portugal-España ocupa el segundo lugar, tras Portugal, en la mayor proporción de actitudes positivas respecto de las negativas).

La actitud favorable a la integración europea implica también una actitud más positiva hacia la biotecnología. La edad tiene un efecto perceptible: en general en todos los países las actitudes devienen más críticas con la edad. Las mujeres suelen ser menos optimistas que los hombres. Las preferencias políticas (izquierda/derecha) tienen un efecto relativamente bajo aunque, en general, los sujetos de derechas se muestran más optimistas que los de izquierdas. El efecto de la educación es peculiar: el mayor nivel educativo tiende a polarizar las actitudes; los encuestados de mayor nivel educativo proporcionan respuestas más positivas y más negativas.

Los datos del Eurobarómetro proporcionan una perspectiva sobre las variaciones en la penetración de información y en las actitudes según la nacionalidad

y los distintos estratos de la población de los países miembros de la UE. Sin embargo, el Eurobarómetro no explica por qué los sujetos de distinta nacionalidad producen respuestas diferentes. Desde el punto de vista de la variabilidad internacional en la *cultura tecnológica* esta cuestión reviste una gran importancia.

Las investigaciones desarrolladas en IRIC han ido encaminadas, precisamente, a determinar las diferencias culturales entre los países miembros de la UE, que puedan explicar las distintas actitudes hacia la biotecnología y, en general, hacia la ciencia y la tecnología. IRIC ha utilizado resultados de dos estudios mediante encuestas, uno entre las sedes de una gran corporación multinacional (IBM) en 64 países<sup>13</sup> y otro entre estudiantes de 23 países (en ambos estudios se incluyen todos los países miembros de la UE, en aquellos momentos, excepto Luxemburgo).

En el proyecto se identifican cinco dimensiones apoyadas mediante tratamiento estadístico. Una dimensión representa una forma simplificada de resumir una serie de diferencias entre sociedades, que tienden a manifestarse de forma simultánea. Las cinco dimensiones establecidas son:

1. Individualismo como opuesto a colectivismo
2. Masculinidad como opuesto a feminidad
3. Distancia al poder, desde grande a pequeña
4. Rechazo de la incertidumbre, desde fuerte a débil
5. Orientación a largo plazo como opuesta a corto plazo

La primera dimensión describe el grado en que los individuos de una sociedad se hallan integrados en grupos (no necesariamente políticos). En las sociedades individualistas se supone que cada individuo debe cuidar de sí mismo o, como mucho, de su familia más cercana. En las sociedades colectivistas, las personas se integran desde su nacimiento en grupos que los protegen y a los que guardan, a cambio, una cierta lealtad. En sociología esta dimensión aparece muy relacionada con la distinción entre *universalismo* (se debe tratar igual a todas las personas) y *particularismo* (cada persona debe ser tratada según el grupo o categoría a la que pertenece).

Las sociedades colectivistas suelen ser particularistas mientras que las individualistas tienden al universalismo. Se detecta, además, una fuerte correlación entre esta dimensión y la renta per cápita: los países más ricos tienden a ser más individualistas. En la UE, el Reino Unido ocupa el primer lugar en cuanto a individualismo y Portugal el último (el puesto 11) –España aparece en noveno lugar.

<sup>13</sup> Este estudio consistió en un macroproyecto de investigación en que se combinaron el análisis cualitativo con el cuantitativo. Al rededor de 116.000 cuestionarios fueron pasados a empleados de IBM en 72 sedes de la compañía situadas en otros tantos países, entre 1967 y 1973 (Hofstede 1994). El objetivo inicial de Geert Hofstede era desarrollar el estudio de las *culturas organizativas* con objeto de convertirlo en una herramienta útil pa-

La segunda dimensión es el resultado de la distribución de valores entre los sexos. La “masculinidad” se asocia a valores especialmente asertivos y competitivos, mientras que la “feminidad” se distingue por valores con un componente más próxima a actitudes como la modestia y la protección. En los once miembros de la UE considerados, Italia destaca como el más masculino, seguido de Irlanda, la RFA y el Reino Unido. El menos masculino son los Países Bajos. España se acerca más al polo femenino que al masculino (octava posición).

La tercera dimensión mide el grado en que los miembros menos poderosos de las organizaciones e instituciones (la familia, la escuela o la empresa) aceptan y suponen que el poder se distribuye de forma desigual. Francia y Bélgica muestran la “mayor distancia frente al poder”, mientras que Irlanda y Dinamarca ocupan las últimas posiciones. España aparece en quinto lugar.

El “rechazo a la incertidumbre” describe el miedo de una sociedad a lo desconocido. Muestra el grado en que una cultura hace que sus miembros se encuentren incómodos en situaciones desestructuradas o ambiguas. Las sociedades que “rechazan la incertidumbre” potencian la percepción entre sus miembros de que “lo diferente es peligroso”; intentan minimizar este peligro mediante reglas, leyes estrictas y medidas de seguridad y, en el ámbito filosófico o religioso, mediante la creencia en una verdad absoluta –generadora, en último término, de distintos fundamentalismos.

Los miembros de estas sociedades son más pasionales. Las sociedades que aceptan la incertidumbre, en cambio, son más tolerantes frente a las opiniones ajenas, disponen de menos reglas y, en lo filosófico-religioso, se muestran más relativistas. Sus miembros adoptan una postura más flemática y contemplativa y guardan para sí mismos sus emociones.

Entre los países de la UE, Grecia, Portugal y Bélgica son los que más rechazan la incertidumbre (España comparte el cuarto puesto con Francia), mientras que Dinamarca, Irlanda y el Reino Unido son los que más la aceptan.

La orientación a largo plazo se asocia a valores como la frugalidad y la perseverancia. La orientación a corto plazo se asocia al respeto por la tradición, al cumplimiento de los compromisos sociales y a la protección de la “imagen propia”. El estudio de IRIC únicamente cuenta con datos de tres países al respecto. Los Países Bajos muestran la mayor orientación a largo plazo, mientras que el Reino Unido la menor, encontrándose Alemania en la posición intermedia.

El estudio desarrollado por IRIC utilizó un análisis de tipo factorial a partir de las primeras cuatro dimensiones mencionadas y de la variable de la renta per

ra la gestión empresarial. Sus trabajos se sitúan originariamente en el campo de los estudios sobre organizaciones. En este ámbito, el término ‘cultura organizativa’ fue introducido por Pettigrew en 1979 y sobre él se ha desarrollado, desde entonces, una ingente cantidad de literatura. ‘Cultura’ se ha convertido durante los últimos años en un término frecuentemente utilizado por empresarios, asesores e investigadores académicos. Al finalizar su gran estudio en IBM, sin embargo, Hofstede se dio cuenta que los datos de que disponía eran más indicativos de las diferencias nacionales entre los trabajadores de las distintas sedes nacionales de IBM, que de la cultura organizativa propia de la empresa.

cápita, a dos niveles: uno sobre los datos de todos los encuestados y otro sobre los de mayor formación académica. El objetivo final era hallar correlaciones significativas entre los datos del Eurobarómetro y los del estudio sobre culturas nacionales.

El primer factor apareció muy relacionado con las variables “individualismo” y “renta per cápita”, por lo que fue denominado *riqueza individualista*. Italia, Reino Unido y los Países Bajos ocupan las primeras tres posiciones en este factor, mientras que España, Grecia y Portugal se encuentran en las últimas. En general, este factor expresa un alto nivel de individualismo en la sociedad y hace que la gente se muestre más escéptica sobre las innovaciones tecnológicas en general, y sobre la biotecnología en particular. Las personas se muestran en desacuerdo con el uso de animales en la investigación y confían más en su propia capacidad para juzgar en estos temas.

El análisis sobre los individuos de mayor formación muestra diferencias poco significativas, aunque estos individuos son más escépticos sobre las innovaciones tecnológicas en general y sobre la biotecnología en particular; son, también, más conscientes de los posibles riesgos y se muestran a favor de controles gubernamentales.

El segundo factor se relaciona estrechamente con las variables “masculinidad” y “distancia frente al poder”, por lo que ha sido denominado *autoridad masculina*. Los países con mayor puntuación en este factor son Francia, España e Italia. En última posición aparecen Alemania, Dinamarca y los Países Bajos.

Este factor expresa una creencia dominante en el progreso tecnológico libre de intervenciones gubernamentales y una falta de preocupación por los riesgos implicados. El análisis sobre los individuos de mayor formación académica es similar, pero muestra una mayor correlación con la “masculinidad” y una correlación menor con un nivel bajo de renta per cápita. Estos sujetos discriminan más entre las distintas aplicaciones de la biotecnología y sus valores masculinos afectan menos su optimismo tecnológico, aunque aumentan su confianza en el juicio propio.

La pregunta 46 del Eurobarómetro pide al encuestado que elija entre distintas fuentes de información sobre los nuevos desarrollos tecnológicos “que afectan nuestra forma de vida”. Las únicas fuentes que concentran un número significativo de preferencias son la televisión y los periódicos, aunque hay una considerable variación entre los distintos países. En cualquier caso se pueden definir los siguientes grupos:

1. Televisión, pero no periódicos (o viceversa).
2. Libros, prensa especializada y cursos/conferencias.
3. Amigos, médicos y comerciantes.

En el primer grupo, las alternativas se compensan entre sí. La secuencia de países es: (principalmente televisión) Portugal, Grecia, España, Francia, Italia, Alemania, Bélgica, Reino Unido, Irlanda, Países Bajos y Dinamarca (principalmente periódicos). Este grupo se correlaciona estrechamente con el “rechazo a la incertidumbre”.

La pregunta 47 pide al encuestado que escoja entre 9 fuentes de información, según el nivel de confianza que le merecen por lo que respecta a la veracidad de sus afirmaciones sobre la biotecnología y la ingeniería genética. Las fuentes que obtienen un nivel de confianza mayor en la UE son las asociaciones de consumidores y las organizaciones ecologistas, aunque, como antes, se da una considerable variación entre los distintos países. Se pueden definir los siguientes grupos:

1. Asociaciones de consumidores, pero no organizaciones ecologistas (o viceversa).
2. Asociaciones en defensa de los animales, pero no autoridades públicas.
3. Organizaciones religiosas, organizaciones políticas y sindicatos.

En el primer grupo, las alternativas se compensan entre sí. La secuencia de países es: (asociaciones de consumidores) Francia, Dinamarca, Países Bajos, Bélgica, España, Alemania, Reino Unido, Portugal, Italia, Grecia e Irlanda (organizaciones ecologistas).

El análisis llevado a cabo en IRIC concluye que las diferencias entre los países reveladas por el sondeo del Eurobarómetro de 1991, pueden explicarse, por lo menos parcialmente, sobre la base de las diferencias en los valores estables expresados en los índices culturales mencionados anteriormente. Las mayores influencias son el *individualismo* nacional (que tiende a ir parejo con la riqueza nacional) y un segundo factor, independiente del primero, que combina los valores *masculinos* con una gran *distancia frente al poder*.

El primer factor, la "riqueza individualista" se corresponde con una actitud escéptica hacia las consecuencias positivas de la tecnología en general y de la biotecnología en particular. El segundo, la "autoridad masculina", va ligado a una actitud despreocupada frente a las investigaciones en biotecnología. Ambos factores fueron hallados, tanto en las respuestas de todos los encuestados, como en las de aquellos con una mayor formación académica. Únicamente se detectan diferencias marginales entre ambos grupos, lo cual muestra que estos valores permean la totalidad social y no desaparecerán (ni se reforzarán) aumentando el nivel de formación. La cuarta dimensión, *el rechazo a la incertidumbre*, sólo se relaciona con las preferencias en cuanto a las fuentes de información sobre los desarrollos que pueden afectar la forma de vida; la televisión (fuerte rechazo a la incertidumbre) o los periódicos (débil rechazo a la incertidumbre).

El trabajo desarrollado en IRIC constituye un ejemplo de posible intersección entre el análisis socio-antropológico de la cultura<sup>14</sup> y el estudio de las actitudes

<sup>14</sup> Hofstede utiliza, de hecho, un concepto específico de cultura que merece una atención especial. Hofstede distingue dos significados de cultura. El primero es el equivalente a *civilización*: la formación y refinamiento del espíritu, así como sus productos (el arte, la educación y la literatura, principalmente). Para Hofstede éste es un concepto "estrecho" de cultura. El segundo significado se corresponde al uso del término 'cultura' entre los antropólogos sociales: la programación colectiva del espíritu que distingue a un grupo o categoría de personas de otro. Este sentido incluye al primero (aunque no a sus productos)

públicas frente a la ciencia y la tecnología. Estudios similares han sido llevados a cabo en el área de la percepción pública del riesgo. En este caso, los resultados apuntan a que factores como la percepción de que un riesgo sea involuntario, potencialmente catastrófico o incontrolado, pueden ser más determinantes de la actitud pública que las estimaciones técnicas del riesgo. En realidad, se han identificado diferentes factores sociales y culturales –desde atributos estructurales a rasgos nacionales– que intervienen significativamente en la percepción de los riesgos asociados a una tecnología específica:

Risk perceptions associated with technological and environmental hazards cannot be reified and assessed independently of the social context in which they are embedded. Perceptions of benefit (particularly to the self or to the environment) might mediate the negative impact of risk perceptions. Trust in risk regulators and information sources, perceptions of social exclusion from risk-management processes, coupled with dynamic changes in risk perceptions linked to the signals provided by major accidents or risk events, mean that many factors must be examined when considering peoples beliefs about emerging technologies (Frewer, 1999, 574).

Sin necesidad de considerar este tipo de estudios como metodológicamente definitivos, su contribución más importante es la de mostrar cómo factores, ciertamente difíciles de detectar para el investigador social, tales como valores o prácticas culturales, desempeñan un papel importante en la percepción pública de la ciencia y la tecnología. En este sentido sus resultados se suman a los de aquellos trabajos que en los últimos años han insistido, reiteradamente, en que la CPC debe reconducirse al análisis de las características sociales y culturales de la relación entre el público y la experticia científica, en lugar de centrarse, casi exclusivamente, en el reconocimiento de contenidos científicos aislados y fuera de contexto.

pero también a otros muchos elementos: valores, hábitos y símbolos –que muchas veces constituyen mecanismos ocultos de los distintos comportamientos individuales.

Hofstede precisa aún más su concepto de cultura distinguiendo cuatro categorías de elementos culturales: símbolos, héroes, rituales y valores. Los símbolos son palabras, gestos, imágenes u objetos que pueden tener un significado particular en una cultura. Los héroes son personas, vivas o muertas, reales o imaginarias, que poseen características altamente apreciadas por los miembros de una cultura y que, por lo tanto, les sirven de modelos. Los rituales son actividades colectivas que son técnicamente superfluas, pero socialmente esenciales para una cultura.

Para Hofstede, los símbolos, los héroes y los rituales pueden subsumirse bajo una misma categoría –*prácticas*–, puesto que son visibles para un observador externo. Los valores, por su parte, constituyen el núcleo de la cultura en forma de sentimientos vagos y no específicos sobre lo bueno y lo malo, lo bello y lo feo, lo normal y lo anormal o lo racional y lo irracional. Son a menudo inconscientes y se manifiestan de forma no uniforme (Hofstede, 1994, 3 y ss).

## ALGUNAS CONSIDERACIONES FINALES SOBRE EL MODELO DE DÉFICIT

El modelo de déficit en CPC resulta también problemático por aspectos distintos a los que hemos tratado hasta ahora. La perspectiva dominante en los estudios de CPC y en las prácticas que se basan en ellos (campañas de alfabetización científica, iniciativas de divulgación científica, etc.) se apoya en la problematización apriorística del público. Se considera de esta forma, implícitamente, que los múltiples conflictos públicos actuales alrededor de cuestiones científicas y tecnológicas deben su existencia, en gran medida, a defectos en el conocimiento, en la información o en los procesos o capacidades cognitivas del público. Se supone, de esta forma, que nada hay de problemático en los elementos análogos en el ámbito de las instituciones científicas: la culpa es casi siempre del público.

Un aspecto que suele pasar desapercibido es, en ese sentido, el problema de la falta de interés por parte de los científicos hacia la divulgación o la comunicación pública de la ciencia. En muchos casos, además, a esta tradicional falta de vocación divulgativa se une una clara falta de conocimientos sobre las técnicas básicas de la comunicación pública y de la divulgación científica. De hecho, la comunidad científica, en su globalidad, no valora demasiado positivamente a aquellos de sus miembros que toman un interés especial en las tareas de divulgación científica y, aunque de forma implícita, se asigna a dicha actividad un signo claramente peyorativo.<sup>15</sup>

Los enfoques críticos hacia el modelo de déficit en CPC, no sólo hacen hincapié en los aspectos sociales y culturales de la percepción pública de la ciencia, sino que también señalan la presencia de componentes valorativos o políticos en el tipo de experticia científica que entre en juego en las CCTP. Como hemos visto en el capítulo anterior, determinadas características de los problemas que se tratan en dichas controversias, así como los rasgos particulares de la ciencia regulativa y su entorno social y político, permiten que ese tipo de componentes pueda aparecer de forma velada en los informes y dictámenes técnicos o científicos.

Otro aspecto problemático del modelo de déficit tiene ver con el ámbito disciplinario de la filosofía de la ciencia. Es conocido que algunas encuestas sobre CPC—como las de los Eurobarómetros que hemos examinado anteriormente—incluyen preguntas destinadas a medir el nivel de comprensión, por parte del público, de los métodos característicos de la actividad científica.<sup>16</sup> Una práctica habitual consiste en introducir una pregunta abierta que pide al encuestado que explique, con sus propias palabras, en qué consiste estudiar algo científicamente. El problema es que la corrección o incorrección de las respuestas se suele evaluar,

<sup>15</sup> Sobre la problemática de la comunicación pública de la ciencia, véanse, por ejemplo, Fayard (1993) y Calvo Hernando (1990).

<sup>16</sup> En el Eurobarómetro de 2001 las respuestas a estas preguntas de recogen en las tablas 13 y 14, tituladas precisamente "*perception of scientific methods*" (Comisión Europea 2001, 23).

subsecuentemente, en función de un modelo fuertemente *popperiano* de la actividad científica (Wynne, 1995, 366). Dado que este modelo del método científico constituye una de las distintas alternativas que durante las últimas décadas se han propuesto desde la filosofía de la ciencia<sup>17</sup> –y, por cierto, una particularmente polémica –la encuesta acabará midiendo, no el nivel de comprensión pública de la ciencia, sino el grado de difusión social de una cierta imagen de la ciencia, es decir, hasta qué punto la gente comparte una visión popperiana de la actividad científica.<sup>18</sup>

El mismo concepto de *público* que los estudios de CPC utilizan ha sido también foco de diversas críticas.<sup>19</sup> El defecto básico en ese sentido consiste en construir la imagen de un público unitario que, en último término, no existe. En la presentación habitual de los resultados, efectivamente, la entidad general representada por “el público” acaba diluyendo la identidad particular de las minorías o de los grupos sociales específicos; un tipo de agentes, que son a menudo, precisamente, los más relevantes en la mayoría de controversias científico-tecnológicas públicas y que pueden tener, o desarrollar en poco tiempo, altos niveles de comprensión científica y una gran capacidad para valorar informes técnicos.

Por otro lado, los estudios en CPC parecen más orientados hacia el análisis del mercado que de la ciudadanía: las encuestas de CPC van claramente dirigidas más hacia los *consumidores* que hacia los *ciudadanos*. Efectivamente, la actividad social se cifra más en las preferencias individuales y, paralelamente, las preocupaciones que se intenta detectar en la gente son aquellas que tienen que ver con la salud o con la riqueza y el bienestar personales. La sociedad se concibe, así, como un gran mercado en que los consumidores actúan, de acuerdo con su interés propio, mientras deambulan por un gran supermercado de artículos tecnocientíficos. La idea de un ciudadano miembro de una comunidad política, con derechos y responsabilidades sobre objetivos comunes resulta absolutamente ajena a este modelo (Davidson *et al.*, 1997, 318).

El objetivo último parece ser, por todo ello, el de legitimar la comercialización de determinados productos tecnológicos –consiguiendo que la gente los “tolere”, ni siquiera que los acepte– más que el de posibilitar o favorecer cualquier forma de debate social sobre ellos. Los estudios en CPC se aproximan, de este modo, a sutiles estudios de marketing social en el seno de nuestra cultura tecnológica.

<sup>17</sup> Para un buen repaso a los avatares de la filosofía de la ciencia contemporánea, véase Echevarría (1995).

<sup>18</sup> Curiosamente, aunque los estudios de la práctica científica tienen a desmentir la imagen popperiana de la metodología científica –véanse al respecto, por ejemplo, Knorr-Cetina, K. (1981) y Collins (1985)– los mismo científicos, en contextos muy específicos, echan mano de una retórica de tipo popperiano para enjuiciar las actividades de sus colegas. Véase al respecto el estudio de Mulkay y Gilbert (1981).

<sup>19</sup> Muchas de estas críticas son igualmente aplicables a conceptos emparentados como el de *opinión pública*

En resumen, resulta irónico que mientras que los estudios de CPC tienden a apoyar la conclusión de que el público malinterpreta o comprende de forma incorrecta la naturaleza y el contenido de la ciencia, los análisis críticos muestran que tales estudios demuestran una comprensión fragmentaria y, en último término, profundamente sesgada del público mismo y de su relación con la experticia científica.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abraham, John y Julie Sheppard (1997): "Democracy, Technocracy, and the Secret State of Medicines Control: Expert and Nonexpert Perspectives". *Science, Technology and Human Values*, vol. 22, n. 2. Pp. 139-167.
- Adams, John (1995): *Risk*. Londres. University College London Press.
- Calvo Hernando, M. *Ciencia y Periodismo*. Barcelona. CEFI.
- Collins, H.M (1985): *Changing Order. Replication and Induction in Scientific Practice*. Chicago. University of Chicago Press.
- Collins, H.M. y T.J. Pinch (1996): *El Golem. Lo que todos deberían saber sobre la ciencia*. Madrid. Crítica.
- Comisión Europea (2001): *Europeans, science and technology. Eurobarometer 55.2*. Bruselas.
- Davidson, A., I. Barns y R. Schibecchi (1997): "Problematic Publics: A Critical Review of Surveys of Public Attitudes to Biotechnology". *Science, Technology and Human Values*, vol. 22, n. 3. Pp. 317-348.
- Dickson, David (2000): "Science and its Public: The Need for a 'Third Way'". *Social Studies of Science*, Vol. 30, n. 6. Pp. 917-923.
- Echeverría, Javier (1995): *Filosofía de la ciencia*. Madrid. Akal.
- Fayard, Pierre (1993): *Sciences aux quotidiens: l'information scientifique et technique dans les quotidiens nationaux européens*. Niza. Z'Éditions.
- Frewer, Lynn (1999): "Risk Perception, Social Trust, and Public Participation in Strategic Decision Making: Implications for Emerging Technologies". *Ambio*, vol. 28, n. 6. Pp. 569-570.
- Friedman, S.M (1991): "Risk Management: The Public Versus the Technical Experts. En: L. Wilkins y P. Patterson (eds.). *Risky business: Communicating Issues of Science, Risk, and Public Policy*. Nueva York. Greenwood Press. Pp. 31-42.

- Hofstede, G. (1994): *Cultures and Organizations: Intercultural Cooperation and Its Importance for Survival*. Londres. Harper Collins.
- Hofstede, G. y R. Schwan (1992): "Cultural Roots of Attitudes About Biotechnology". *Report on an explorative investigation on behalf of the Concertation Unit for Biotechnology in Europe of the CE*. IRIC. Maastricht.
- Knorr-Cetina, K. (1981): *The Manufacture of Knowledge: An Essay on the Constructivist and Contextual Nature of Science*. Oxford and New York. Pergamon.
- Latour, B. (2001): *La esperanza de Pandora. Ensayos sobre la realidad de los estudios de la ciencia*. Barcelona. Gedisa.
- Lehrman, S. (1992): "Overregulation Could Damage U.S. Biotechnology". *Nature*, 359 (Octubre 15): 569.
- Locke, Simon (2002): "Public Understanding of Science – A Rhetorical Invention". *Science, Technology and Human Values*, vol. 27, n.1. Pp. 87-111.
- Michael, Mike (2002): "Comprehension, Apprehension, Prehension: Heterogeneity and the Public Understanding of Science". *Science, Technology and Human values*, vol, 27, n. 3. Pp. 357-378.
- Miller, J.D. (1983): "Scientific Literacy: A Conceptual and Empirical Review". *Daedalus*, n. 112. Pp. 29-48.
- Moreno, L., L. Lemkov y A. Lizón (1992): *Biotecnología y sociedad. Percepción y actitudes públicas*. Madrid. MOPT.
- Mulkay, M. y G.N. Gilbert (1981): "Putting philosophy to work: Karl Popper's influence on scientific practice". *Philosophy of the Social Sciences* 11. Pp. 389-407.
- OECD (1979): *New Developments in Biotechnology, 2: Background Paper, Public Perceptions of Biotechnology*. París. OECD.
- Slovic, P. (1993): "Perceived Risk, Trust and Democracy". *Risk Analysis*, vol. 13, n. 6. Pp. 675-682.
- Steel, B.S., D.L. Soden y R. Warner (1990): "The Impact of Knowledge and Values on Perceptions of Environmental Risk to the Great Lakes". *Society & Natural Resources*, 3 (4). Pp. 331-348.
- Turner, Stephen (2001): "What is the Problem with Experts". *Social Studies of Science*, vol. 31, n.1. Pp. 123-149.
- Wynne, Brian (1995): "Public Understanding of Science". En: S. Jasanoff, G.E. Markle, J.C. Petersen y T. Pinch (eds.). *Handbook of Science and Technology Studies*. Londres. Sage. Pp. 361-388.
- Wynne, Brian (1992): "Public Understanding of Science Research: New Horizon or Hall of Mirrors?" *Public Understanding of Science*, vol. 1, n.1. Pp. 321-337.
- Yearley, Steven (1999): "Computer Models and the Public's Understanding of Science: A Case-Study Analysis". *Social Studies of Science*, vol. 29, n. 6. Pp. 845-866.

## CAPÍTULO VII

# La política científica: el papel del parlamento y los medios de comunicación<sup>1</sup>

*Miguel Á. Quintanilla*

La política de la ciencia y la tecnología está llamada a ocupar un lugar cada vez más central y prioritario en las sociedades democráticas de nuestros días. Como consecuencia de ello tendrán que operarse algunos cambios de cierta importancia en las instituciones y hábitos característicos de las democracias representativas, para propiciar la participación de los ciudadanos en este campo de la política actual y mantener así la capacidad de legitimación de las instituciones democráticas. Este proceso debe ir acompañado también de cambios importantes en la opinión pública y en ello deben jugar un papel relevante los medios de comunicación. Desarrollaremos aquí estas ideas, en torno a los siguientes puntos:

1. ¿Cuáles son los problemas específicos que el desarrollo científico y técnico plantea a la sociedad de nuestros días?

<sup>1</sup> Este texto se basa en Quintanilla (1992) y en el capítulo 11 de Quintanilla y Sánchez Ron (1998).

2. ¿Qué tipo de respuestas políticas se pueden dar a esos problemas?
3. ¿Qué papel desempeñan las instituciones democráticas, especialmente el Parlamento en el diseño, la evaluación y el control de la política científica y tecnológica?
4. ¿Cuál es la responsabilidad de los medios de comunicación y en concreto del periodismo científico en este terreno de la política actual?

## EL DESARROLLO CIENTÍFICO Y TÉCNICO

Todo el mundo está de acuerdo en reconocer que la ciencia y la tecnología son factores decisivos para explicar la dinámica de las sociedades avanzadas de nuestros días. En realidad desde la revolución industrial, que comenzó en el Reino Unido hace más de dos siglos, estamos acostumbrados a pensar que el progreso de la sociedad depende de la industria y que ésta avanza a través de la innovación tecnológica, la cual depende cada vez más de la investigación científica. Sin embargo, hay factores específicos de la situación actual que nos obligan a profundizar en esta imagen ya tradicional de las conexiones entre el sistema científico-técnico, la economía y la vida social. Estos factores son:

1. El *ritmo extraordinariamente rápido* que sigue el cambio tecnológico.
2. Su amplitud y profundidad (afecta a todos los sectores de la economía y a todas las capas de la sociedad).
3. La estrecha interdependencia entre innovación tecnológica, investigación científica y dinamismo social.

De estas características se derivan algunas consecuencias importantes que no justificaremos, por ser de sobra conocidas:

4. El desarrollo científico y técnico es uno de los factores más importantes de crecimiento económico.
5. Es también un motor decisivo para promover cambios cualitativos profundos que afectan a toda la sociedad.
6. Es un proceso que depende en gran parte de decisiones humanas.

En definitiva hoy sabemos no sólo que los resultados de las actividades científicas y tecnológicas afectan decisivamente a nuestras sociedades y a nuestras vidas como individuos, sino también que nosotros mismos podemos promover o detener la investigación y la innovación y que de lo que hagamos en este terreno dependerá no sólo nuestra capacidad de crecimiento económico sino también la forma como crezcamos y la dirección que imprimamos a nuestras transformaciones sociales. No es extraño entonces que el desarrollo científico-técnico constituya un reto político de especial importancia en nuestros días.

## RESPUESTAS POLÍTICAS

La percepción del carácter global del reto tecnológico ha llevado a los países a adoptar mecanismos de respuesta a nivel político. Por una parte asumiendo el cambio científico-técnico como una variable central en las políticas nacionales de desarrollo económico; por otra, estableciendo nuevos mecanismos y procesos de decisión que permitan a los poderes públicos intervenir directamente en la promoción, control y dirección del cambio tecnológico.

En sentido amplio, entendemos por *política científica el conjunto de actuaciones de carácter público que se llevan a cabo para gestionar las actividades científicas y tecnológicas, evaluar su rendimiento y controlar su impacto sobre la sociedad.*

El agente principal de estas actuaciones políticas es el gobierno de cada nación, pero también se pueden llevar a cabo políticas relevantes en el campo de la ciencia y la tecnología desde los gobiernos regionales o locales, desde instituciones internacionales (como la Unión Europea) y, en un sentido amplio, desde numerosos grupos sociales (partidos políticos, organizaciones sindicales, movimientos sociales, etc.) que intervienen de forma directa o indirecta en la gestión y el control de los sistemas de Ciencia y Tecnología.

Las actuaciones políticas en Ciencia y Tecnología se pueden clasificar en dos grandes grupos: las actuaciones orientadas a la promoción, coordinación y financiación de las instituciones, grupos e individuos que realizan actividades de I+D; y las actuaciones orientadas al análisis, evaluación y control de las consecuencias sociales, económicas, morales, etc. de la ciencia y la tecnología. Para simplificar llamaremos a las actuaciones del primer tipo, **políticas de promoción y coordinación de la Ciencia y la Tecnología** (para abreviar: políticas de gestión) y a las del segundo tipo, políticas de **evaluación y control de la Ciencia y la Tecnología**. Para referirnos a ambos tipos de política de forma genérica utilizaremos para simplificar la denominación de **política científica**.

La política científica es bastante reciente. Las políticas de gestión se pusieron en marcha de forma sistemática, a mediados del siglo XX, al mismo tiempo que se fueron organizando los modernos sistemas nacionales de Ciencia y Tecnología. Las políticas de evaluación y control se han desarrollado algo más tarde, como consecuencia de la propia maduración de los sistemas CT y de la difusión del interés y la preocupación por la ciencia y la tecnología entre amplias capas de la población.

Como consecuencia de estas diferencias de maduración temporal, pueden detectarse también diferencias en el grado de institucionalización de ambos tipos de actuación política. De hecho, las políticas de gestión están muy ligadas a la existencia de instituciones especializadas en su diseño y ejecución, mientras que las políticas de evaluación suelen tener, por el momento, un carácter menos institucionalizado, más abierto y en cierto modo más participativo.

Está también muy extendida la opinión de que en las políticas de gestión de la ciencia y la tecnología deben tener un protagonismo especial los propios científicos y tecnólogos, por lo que cabe esperar que los organismos e instituciones

especializadas en este tipo de actuaciones políticas adopten actitudes de apoyo decidido a las actividades de I+D. En contrapartida, se supone que las políticas de evaluación y control están protagonizadas fundamentalmente por grupos sociales no científicos que se guían en ocasiones por actitudes de recelo ante el desarrollo científico y tecnológico y están más orientados a coartar y restringir este desarrollo que a potenciarlo.

En realidad, las cuestiones políticas que se plantean en relación con el desarrollo de la ciencia y la tecnología en las sociedades actuales se refieren tanto a la promoción de las actividades de I+D como a la evaluación y control de sus consecuencias; y tanto unas como otras, para llevarse a cabo de forma eficiente, requieren la existencia de instituciones especializadas, pero también requieren la participación directa de sectores cada vez más amplios de la población y la aportación de conocimientos, opiniones y valoraciones no sólo científicas, sino también de carácter social, económico, moral, jurídico, etc.

En el cuadro adjunto (ver página 151) se resumen algunas de las posibles actuaciones políticas de diferentes agentes sociales.

Lo específico de la política científica actual es, por una parte, que la intervención de los poderes públicos en este tipo de actividades se lleva a cabo de forma intensa, sistemática y generalizada y, por otra, que cada vez es mayor el interés de amplias capas de la población por participar en la formación de opinión y en la toma de decisiones sobre estas cuestiones.

El origen de la política científica actual hay que rastrearlo en la Segunda Guerra Mundial. Antes ya existían centros de investigación y desarrollo de interés industrial, agrícola, etc., así como instituciones científicas de carácter público o semipúblico, como las universidades, las academias, etc. Pero no se había definido una política científica en el sentido en que la entendemos ahora: como una forma sistemática de organizar y gestionar los recursos científicos y tecnológicos de un país para conseguir unos objetivos tecnológicos, previamente definidos y seleccionados por su interés económico o social. Fue la experiencia de la colaboración de los científicos en el desarrollo de proyectos de tecnología militar, como la bomba atómica en Estados Unidos, el radar en Gran Bretaña y los misiles V2 en Alemania, la que puso de manifiesto la importancia de una gestión planificada de la ciencia y la tecnología.

Por otra parte, ya antes de la guerra, la Unión Soviética había iniciado una política sistemática de desarrollo científico y tecnológico, en el marco de una economía planificada, y su experiencia había dado lugar, en Occidente, a discusiones teóricas acerca de la conveniencia de orientar la ciencia y la tecnología globalmente, desde el Estado, hacia objetivos de interés público. La idea fue defendida especialmente en Gran Bretaña por el sociólogo e historiador de la ciencia, de inspiración marxista, John Bernal (*La función social de la ciencia*, 1939).

En 1945, el mismo año en que se arrojó la bomba atómica sobre Hiroshima y Nagasaki, poniendo así fin a la Segunda Guerra Mundial, Vannevar Bush, asesor del presidente Roosevelt para temas científicos, presentó el informe *Science: The Endless Frontier* (*La ciencia: una frontera sin límites*), en el que propugnaba el apoyo público a la investigación científica y la necesidad de definir explícita-

## Participación en la política científica

	Políticas de gestión	Políticas de evaluación
<b>Gobiernos y Parlamentos</b>	<p>Fijan los objetivos prioritarios para el sistema CT</p> <p>Financian las actividades de I+D con fondos públicos</p> <p>Regulan la gestión de los organismos públicos de I+D</p>	<p>Valoran la realización de esos objetivos</p> <p>Valoran la rentabilidad social y económica del gasto en I+D</p> <p>Regulan las actividades científicas y tecnológicas que puedan tener consecuencias indeseables para la sociedad</p>
<b>Científicos y tecnólogos</b>	<p>Asesoran sobre las posibilidades de conseguir determinados objetivos científicos y tecnológicos</p> <p>Gestionan la realización de los grandes programas de I+D por parte de sus equipos y grupos de investigación</p> <p>Inician nuevas líneas de investigación y desarrollo</p>	<p>Informan sobre las posibles repercusiones de las innovaciones tecnológicas</p> <p>Valoran la calidad científica y tecnológica de los proyectos de I+D</p> <p>Participan en la evaluación de instituciones científicas</p>
<b>Público informado</b>	<p>Participa en los debates y decisiones políticas sobre los objetivos generales de la Ciencia y la Tecnología</p> <p>Contribuye a la financiación o a la supresión de gastos públicos en I+D</p> <p>Propone nuevos objetivos sociales, económicos etc. para la ciencia y la tecnología</p>	<p>Participa en la evaluación pública de las opciones científicas y tecnológicas</p> <p>Participa en el control democrático del gasto público en I+D</p> <p>Participa a través de los cauces democráticos en la regulación de las actividades de I+D que puedan tener consecuencias no deseables</p>

mente una política de la ciencia y la tecnología de carácter civil. En 1950 se creó la *National Science Foundation*, institución encargada de definir e implementar esa política científica. Sin embargo, aunque fueron años de prestigio y protagonismo para los científicos en Estados Unidos, la política científica no llegó a alcanzar, en los años cincuenta, una dimensión tan extraordinaria como cabía esperar después del éxito obtenido durante la guerra.

La época dorada de la política científica clásica (política de gestión de la ciencia y la tecnología) se produce propiamente en los años sesenta. En 1957, la

Unión Soviética puso en órbita el primer satélite artificial, el *Sputnik*, ganando así a los Estados Unidos, en pleno periodo de la guerra fría, el primer combate de la carrera espacial. La reacción de Estados Unidos fue enérgica y se dejó notar especialmente en el impulso a la educación y a la política científica y tecnológica. Durante los primeros años sesenta, por ejemplo, los gastos en I+D crecieron en Estados Unidos a una media del 15% anual. Además en esta época se creó la OCDE (*Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico*, 1961) y esta organización mundial comenzó sus actividades de promoción de la política científica y tecnológica en todos los países industrializados, al tiempo que la UNESCO realizaba esfuerzos en el mismo sentido, sobre todo entre los países en vías de desarrollo. Durante estos años se consolidó, tanto práctica como doctrinalmente, la concepción actual de la política de gestión y promoción de la ciencia y la tecnología como un instrumento esencial para el desarrollo económico de los países.

El final de la década de los sesenta supuso un periodo de crisis que afectó a las políticas científicas y tecnológicas, en la medida en que algunos de los movimientos sociales que se desencadenaron entonces en las universidades, tanto europeas como americanas (Mayo del 68), suponían una puesta en cuestión de muchos valores asociados a la cultura del progreso científico y tecnológico.

En los años setenta, en parte como una consecuencia y en parte como una reacción ante la crisis de los últimos años sesenta, se abrió paso el segundo tipo de políticas que hemos distinguido: las políticas orientadas a la evaluación y control del desarrollo científico y tecnológico. Es el momento en que se pone el énfasis en la selección de prioridades, la definición de programas de I+D orientados a objetivos específicos de interés social (la lucha contra el cáncer, por ejemplo) y al mismo tiempo se incorporan a la política de la ciencia y la tecnología preocupaciones relacionadas con la crítica a las consecuencias imprevistas del desarrollo tecnológico en relación con la conservación del medio ambiente, los riesgos para la salud o los efectos sobre el empleo, etc. En esta época (1972) se crea en el Congreso de Estados Unidos la OTA (*Office of Technology Assessment*: Oficina de Evaluación de la Tecnología), que supone la primera forma de institucionalización de la política de evaluación y control de la Tecnología (posteriormente, en los años noventa, fue suprimida por la mayoría conservadora del Congreso).

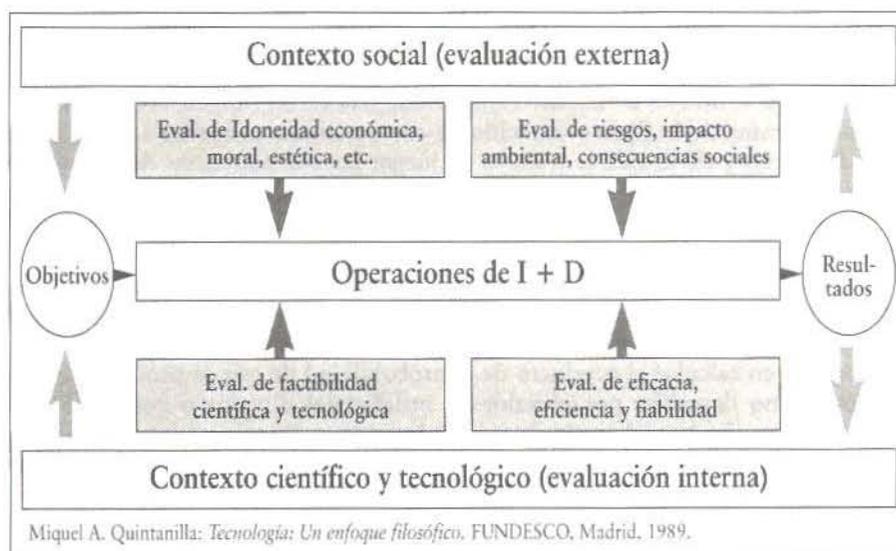
A partir de aquí, la evolución de la política científica ha seguido una pauta bien definida. Por una parte, se han potenciado las políticas de promoción y gestión, afinando los mecanismos y métodos de establecimiento de prioridades en función de criterios de interés económico; y, por otra, se han ampliado las políticas de evaluación y control como instrumento para asegurar una permanente conexión entre las orientaciones y resultados de las actividades de I+D y los objetivos e intereses de la sociedad en su conjunto.

Podemos hacernos una idea de lo que supone en la actualidad una política integral si utilizamos un modelo del flujo de decisiones que afectan al desarrollo científico-técnico a través del análisis de las operaciones involucradas en un programa de Investigación y Desarrollo (I+D).

## LA EVALUACIÓN DE PROGRAMAS DE I+D

Un programa de I+D es un plan de acción cuyo objetivo es promover la investigación, el diseño y la evaluación de tecnologías. El supuesto básico que subyace a un programa de I+D es que el desarrollo del conocimiento científico y tecnológico en un área determinada aumenta las posibilidades de diseño de nuevas tecnologías de interés para los fines que persigue el grupo social (empresa, país, gobierno, etc.) que patrocina el programa. En la actualidad, la mayor parte de la investigación científica y la mayor parte de la innovación tecnológica se produce a través de programas de I+D, y el núcleo de decisiones políticas en esta área de la ciencia y la tecnología se articula en torno a la definición, implementación y evaluación de este tipo de programas.<sup>2</sup>

Un programa de I+D responde siempre a unos objetivos sociales. Éstos a su vez se determinan, por una parte, en función de las necesidades y deseos o fines del grupo que lo promueve; por otra, en función de los recursos científicos y tecnológicos previamente disponibles. El contexto social y científico-técnico del programa puede considerarse con diferentes grados de amplitud: desde la escala de la investigación llevada a cabo por una empresa o grupo de empresas, hasta la escala internacional, pasando por la escala de las políticas de desarrollo científico-técnico de carácter nacional. La determinación de un objetivo condiciona la elaboración de un programa de I+D, que implica tres tipos de actividades: actividades de *investigación* (básica, aplicada y tecnológica), actividades de *desarrollo* (diseño de sistemas, fabricación de prototipos) y actividades de *evaluación*.



<sup>2</sup> M. Á. Quintanilla (1989), cap. VI.

Hay dos tipos de criterios de evaluación relevantes para un programa de I+D: los llamaremos criterios de evaluación interna y criterios de evaluación externa.

La *evaluación interna* se refiere fundamentalmente a la viabilidad o *factibilidad* científica y tecnológica del programa y a su valor tecnológico intrínseco en función de criterios de *efectividad, eficiencia, fiabilidad*, etc. Lo que llamamos evaluación interna es pues un asunto de carácter eminentemente científico y técnico, aunque sus resultados sean relevantes desde el punto de vista industrial, comercial, etc.

La *evaluación externa* de una tecnología puede ser de dos tipos, según se refiera a las propiedades de la tecnología o a las consecuencias que su uso o aplicación puede tener. En el primer caso, hablaremos de la *idoneidad* de una tecnología o de una aplicación tecnológica; en el segundo, del impacto o de las *consecuencias* de tal aplicación.

La evaluación de *idoneidad* se puede realizar sobre un conjunto de alternativas tecnológicas ya desarrolladas y comprobadas respecto a su factibilidad y eficiencia o sobre los objetivos previstos y resultados parciales de un programa de I+D. En el primer caso se trata en realidad de una evaluación que se puede llevar a cabo a través del análisis de costes y beneficios. En el segundo caso se plantea una dificultad específica: la utilidad pronosticada para un objetivo de desarrollo tecnológico puede resultar alterada una vez que se ha avanzado en la investigación de factibilidad o se han determinado los valores de eficiencia, efectividad, fiabilidad y seguridad. De forma que, en este nivel, la evaluación externa de un programa depende estrechamente de la evaluación interna y es en la práctica un proceso sometido a continuas revisiones.

La evaluación de *consecuencias* se refiere a usos concretos de una tecnología. En el caso de un tecnología disponible de lo que se trata es de valorar las consecuencias que pueda tener su aplicación por parte de un grupo social en unas circunstancias concretas. Son pues los proyectos tecnológicos los que se someten, en tal caso, a controles de impacto ambiental, análisis de riesgos, etc. En el caso de un programa de I+D, la evaluación de consecuencias se realiza a partir de la fase de diseño y de lo que se trata es de juzgar las consecuencias de las aplicaciones potenciales del sistema en una gama amplia de circunstancias posibles.

Cabe distinguir tres tipos principales de criterios para la evaluación de consecuencias: criterios de riesgo, impacto ambiental y de impacto social.

El *riesgo* asociado a la aplicación de una tecnología se entiende referido a las consecuencias perniciosas que la misma puede tener para la vida humana, la salud o el bienestar de la población potencialmente afectada. La evaluación de riesgo consiste en calcular el producto de la probabilidad de que se produzcan consecuencias no deseables por el valor de utilidad (el disvalor o coste) de esas consecuencias. En la evaluación de riesgos interviene, pues, un factor de incertidumbre relacionado con el cálculo de la probabilidad de que se produzca un accidente o acontecimiento no deseado, y un factor de valoración subjetiva, la valoración del perjuicio potencial para la vida humana, la salud, etc., lo que hace a veces difícil establecer un procedimiento racional de evaluación.

La evaluación de *impacto ambiental* se refiere a las consecuencias que puede tener la aplicación de una tecnología sobre el entorno físico en que se produce.

El impacto puede referirse a cualquiera de las variables relevantes para definir el entorno, desde variables físicas (geológicas, químicas, biológicas, atmosféricas) hasta variables estéticas (impacto sobre el paisaje). La perspectiva más común adoptada en los análisis de impacto ambiental es la ecológica: se trata de establecer hasta qué punto la introducción de una nueva tecnología en un hábitat concreto puede alterar de forma irreversible o no las condiciones de equilibrio ecológico. La evaluación de impacto ambiental no tiene, sin embargo, por qué limitarse al entorno físico inmediato.

Por último, la evaluación de *consecuencias sociales* está llamada a tener cada vez mayor importancia, debido a la trascendencia que las nuevas tecnologías tienen en todos los órdenes de la vida social. El caso paradigmático es el de las tecnologías de la información y las comunicaciones y sus efectos sobre el empleo, el ocio, la cultura, la organización industrial, etc., pero cualquier otra tecnología de cierta importancia puede tener consecuencias sociales considerables: piénsese, por ejemplo, en las consecuencias de la introducción del ferrocarril en el siglo XIX o del automóvil en el siglo XX, o de la construcción de grandes embalses en las zonas rurales, etc. Los problemas específicos que se plantean en la evaluación de consecuencias sociales (además de los que comparten con la evaluación de riesgos y de impacto ambiental) derivan de la amplitud e indefinición del conjunto de posibilidades a considerar y de la ausencia de un punto de referencia estable. En efecto, cualquier tecnología de cierta importancia terminará alterando en mayor o menor medida la estructura social, las costumbres, la vida cotidiana, etc. Por otra parte, a diferencia de la evaluación de riesgos o de impacto ambiental, en las que se supone que hay valores de referencia objetivables (la salud o el bienestar de los potenciales afectados, el equilibrio ecológico, etc.), en la evaluación de consecuencias sociales no existe nada parecido: aun sabiendo que la introducción de una tecnología tendrá efectos decisivos sobre la estructura social, la valoración de estos efectos no puede hacerse por referencia a un criterio objetivo previamente establecido, salvo que se asumiera por principio que cualquier cambio social es indeseable, en cuyo caso la única conclusión válida es que también será indeseable cualquier cambio tecnológico. Por lo general debemos tener en cuenta que, una de las consecuencias más notables de los cambios sociales asociados a las innovaciones tecnológicas consiste en la alteración de los propios criterios de valoración con los que ahora juzgamos esos cambios.

Las dificultades inherentes a la evaluación de consecuencias no disminuyen la importancia de ésta en el desarrollo tecnológico, pero sí obligan a revisar enfoques excesivamente simplificadores de la tarea a realizar. En concreto, no parece razonable esperar que tales problemas se puedan resolver mediante la simple aplicación de técnicas de cálculo y, en cambio, parece imponerse cada vez con más fuerza la convicción de que debe centrarse la atención en los procesos de participación del conjunto de la sociedad en la evaluación tecnológica y en la adopción de decisiones. De esta forma, la evaluación externa de la tecnología adquiere una dimensión ineludiblemente política.

## EVALUACIÓN DE TECNOLOGÍAS Y DECISIONES POLÍTICAS

La expresión “evaluación de la tecnología” (*technology assessment*) tiene su origen en la iniciativa de crear la “Oficina de Evaluación de Tecnologías” (OTA: *Office of Technology Assessment*) en el Congreso de Estados Unidos. El objetivo inicial era crear un servicio que pudiera asesorar a los congresistas norteamericanos acerca de las consecuencias derivadas de la adopción de decisiones referidas a la introducción o desarrollo de tecnologías nuevas. Aunque las realizaciones iniciales de la OTA no se ajustaron a las esperanzas que se habían puesto en ella, la iniciativa contribuyó a definir con mayor precisión el planteamiento de los problemas metodológicos, políticos e institucionales asociados a la evaluación de tecnologías. En la actualidad, la propia experiencia de la OTA y de otras instituciones semejantes creadas en muchos países, tanto a nivel gubernamental como parlamentario e incluso de carácter privado, ha dado lugar a una abundante bibliografía y a una notable clarificación de los problemas que hay que afrontar y de los métodos para hacerlo.<sup>3</sup>

Para empezar se ha ido creando un amplio consenso respecto a la tarea misma de evaluación de tecnologías entendida como especialidad académica: la idea básica que subyace a estos estudios es la de que “será más fácil dirigir el desarrollo tecnológico si se llevan a cabo investigaciones sobre los efectos que una tecnología puede tener sobre la sociedad desde el momento en que se introduzca”.<sup>4</sup> A partir de esta idea común, la concepción de la evaluación de tecnologías ha evolucionado y se han dado diferentes definiciones. En la actualidad se distinguen dos concepciones: la concepción reactiva y la activa o constructiva.<sup>5</sup>

En los años setenta del siglo xx predominó una concepción *reactiva* de la evaluación tecnológica como “sistema de alerta previa” cuyo objetivo era prever de antemano las posibles consecuencias indeseables que pudiera tener la introducción de una nueva tecnología y las alternativas existentes, al objeto de que los agentes responsables de tomar decisiones (parlamentarios o responsables del gobierno) tuvieran el máximo de información y pudieran tomar medidas correctoras.

Posteriormente se produjo un cambio de perspectiva conceptual hacia una nueva actitud *activa* en la que la evaluación tecnológica se centra más en los problemas sociales y en las posibles respuestas que el desarrollo tecnológico puede

<sup>3</sup> En las Actas del Congreso de Amsterdam sobre evaluación de tecnologías: Hoo *et al.* (1987) se recoge una amplia información. En España, la revista *Telos* (Castilla *et al.* (1987-1988) publicó un dossier muy útil y actualizado sobre evaluación de tecnologías con trabajos de Castilla, Ros, Sanz Menéndez, Tuininga, Linkhor, y Procter. En Quintanilla (Coord.) (1989) se recogen las ponencias del seminario internacional sobre evaluación parlamentaria de opciones científicas y tecnológicas celebrado en el Centro de Estudios Constitucionales (Madrid, 20-21 de abril de 1989).

<sup>4</sup> Smits (y otros) (1987), p. 2.

<sup>5</sup> En el capítulo siguiente se discuten algunos aspectos específicos de la Evaluación Constructiva de Tecnologías.

dar a tales problemas, en vez de tan sólo en las consecuencias perturbadoras para la sociedad de desarrollos tecnológicos ya en marcha.

En las políticas de evaluación y control de la ciencia y la tecnología, cada vez cobra más importancia la evaluación social de opciones, o evaluación *ex ante*. Al principio de la década de los setenta, cuando empezaron a desarrollarse este tipo de políticas, la atención se centraba sobre todo en el control de las posibles consecuencias perniciosas de determinados desarrollos tecnológicos. Un tema clásico en esa época era la evaluación de riesgos de la energía nuclear o de las posibles consecuencias incontrolables de las nuevas técnicas de ingeniería genética. La OTA se creó precisamente con la intención de proporcionar a los congresistas de Estados Unidos una especie de sistema de alerta tecnológica capaz de proporcionar informes fiables y accesibles a no especialistas, sobre las consecuencias posibles de la difusión de las nuevas tecnologías. Sin embargo, la propia práctica de la evaluación externa de tecnologías ha ido evolucionando de manera que cada vez se da más importancia a la evaluación de opciones, vinculada a la prospectiva. La razón es sencilla: la capacidad de maniobra ante las consecuencias de la difusión de determinadas tecnologías es muy reducida, una vez que ésta ya se ha producido; en cambio, cada vez es más evidente que el tipo de tecnología que vamos a tener en el futuro depende del tipo de decisiones que adoptemos ahora. La cuestión entonces no es tanto poner remedio o controlar el desarrollo de tecnología peligrosas, sino de orientar desde el principio el desarrollo científico y técnico en una dirección más adecuada.

De hecho, la difusión en Europa de la evaluación social de la ciencia y la tecnología ha seguido esta dirección, potenciando la prospectiva y la evaluación de opciones. El Parlamento francés creó en los años ochenta una Oficina para la Evaluación de Opciones Científicas y Tecnológicas, y en el Parlamento Europeo se creó el programa STOA (*Science and Technology Options Assessment*: Evaluación de Opciones Científicas y Tecnológicas), impulsado por el programa FAST (*Forecasting and Assessment in Science and Technology*: Prospectiva y Evaluación en Ciencia y Tecnología), dentro del Programa Marco de I+D. En otros muchos países europeos han ido creándose instituciones parecidas. En los años noventa se ha creado un *Instituto de Evaluación y Prospectiva Tecnológica*, dependiente de la Comisión Europea y cuya sede se encuentra en Sevilla.

La evaluación social de opciones científicas y tecnológicas es un proceso complejo y delicado. En primer lugar se basa en buena medida en los resultados de los análisis de prospectiva, con lo que hereda de ellos todas sus debilidades e inconvenientes. Pero, además, la evaluación de opciones se mueve en el terreno de los valores e intereses sociales, económicos, morales, etc. donde la pluralidad de perspectivas no sólo es inevitable sino además legítima y en muchas ocasiones deseable. El problema más difícil consiste en hacer posible, por una parte, que la población pueda tener una información objetiva sobre las opciones científicas y tecnológicas disponibles, y sobre las consecuencias previsibles de su desarrollo y difusión (incluyendo en la información el nivel de probabilidad o incertidumbre de tales previsiones) y, por otra, que haya un procedimiento para llegar a acuerdos razonables sobre los objetivos que sería deseable

alcanzar en el plano científico y tecnológico a la luz de esa información y del resto de los objetivos sociales más generales sobre los que se asienta la convivencia social.

No siempre es posible llegar a esos acuerdos, pero el avance de las políticas de evaluación y control de la ciencia y la tecnología ha facilitado al menos que la gente pueda participar en el proceso y que se puedan evitar errores muy comunes en el pasado reciente.

Uno de los errores más comunes consiste en despreciar una parte importante de la información científica relevante. La historia de la intervención de los científicos en el desarrollo de la bomba atómica es ilustrativa. Algunos de los más eminentes científicos que habían participado en el programa que condujo a la fabricación de la primera bomba atómica fueron los mismos que desaconsejaron su uso contra la población civil y que alertaron sobre las consecuencias que tendría la carrera de armamentos durante el periodo de la "guerra fría", lo que les llevó a aconsejar que, para evitar la proliferación de armamento nuclear, se hiciera pública la tecnología de que disponían los Estados Unidos y se creara una comisión internacional que controlara su uso. Pero la sociedad (los Estados Unidos, en este caso) que había hecho caso a los mismos científicos para fabricar la bomba, despreció sus consejos y valoraciones sobre las consecuencias sociales que acarrearía su uso y su proliferación. El resultado es que, aún hoy, varios años después del final de la guerra fría, existe armamento nuclear suficiente para barrer en poco tiempo todo vestigio de vida humana sobre el planeta.

En los últimos años, la situación ha mejorado en algunos aspectos. Por ejemplo, la alerta científica y la presión de los movimientos sociales sobre la contaminación atmosférica, la disminución de la capa de ozono, etc. se han traducido en algunas medidas políticas de control de contaminantes que, aunque parciales y seguramente insuficientes, van en la dirección correcta. Los problemas morales, sociales y jurídicos que plantean las nuevas tecnologías de control genético están siendo sometidos a debate público y se están tomando diferentes iniciativas a nivel nacional e internacional (recomendaciones del Consejo de Europa, etc.) para regular su uso. Y las grandes transformaciones sociales que van asociadas a la introducción de las tecnologías de la información y las comunicaciones son hoy objeto de debate en todos los medios de comunicación y en todos los foros de discusión intelectual. No siempre estos debates conducen a resultados satisfactorios; pero al menos algo ha cambiado con respecto a tan sólo hace tres décadas: ahora el debate está abierto, existe voluntad de afrontarlo y deseos de participar en él con instrumentos y metodología de discusión racional. Nunca como ahora había sido la sociedad en su conjunto tan consciente de que su futuro depende de sus conocimientos y de sus capacidades tecnológicas y de que éstas a su vez, dependen de las decisiones que vayamos adoptando ahora.

Esta perspectiva de la *evaluación social* de opciones científicas y tecnológicas es la que debe presidir los esfuerzos por incrementar la participación ciudadana en el control del desarrollo científico y técnico. Ahora bien, en los sistemas democráticos hay dos mecanismos fundamentales para propiciar la participación ciudadana en la política: las instituciones parlamentarias y la opinión pública.

Veamos, por lo tanto, algunas consecuencias que se derivan para la actividad parlamentaria y para los medios de comunicación.

## EL PAPEL DEL PARLAMENTO EN LA POLÍTICA CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

En las democracias occidentales, el Parlamento constituye formalmente el lugar donde se expresa la voluntad política de los ciudadanos a través de complejos mecanismos de representación. Los críticos de las democracias parlamentarias tienen seguramente muchos motivos para ejercer su tarea. En primer lugar porque no siempre los mecanismos de representación política funcionan adecuadamente. En segundo lugar porque, aunque lo hicieran, la representación de intereses y de opciones políticas nunca puede ser, por su propia naturaleza, equivalente a la participación directa de cada ciudadano en la adopción de decisiones colectivas que le afectan personalmente, y en esa medida siempre es posible la crítica y la profundización de la democracia. Sin embargo, no parece que haya otra forma mejor de organizar democráticamente la vida colectiva que no sea sobre la base de los mecanismos característicos de las democracias representativas. Incluso podríamos decir que las propias razones de la crítica son el mejor aval de esta forma de organización de la democracia: los mecanismos de la representación no agotan la función de participación política, pero las democracias basadas en la representación parlamentaria son las que mejor garantizan precisamente la posibilidad de ensayar nuevas formas de participación y de legitimar aquellas que resulten convenientes.<sup>6</sup>

Hay sin embargo otro tipo de críticas y análisis de la función de los parlamentos que sí parecen relevantes para el tema que nos ocupa ahora. Muchos teóricos de la política han señalado, en efecto, el cambio de función que se opera en los parlamentos como consecuencia del propio cambio que se ha ido operando en la naturaleza de los problemas políticos y en los mecanismos de la administración del Estado. En resumen –y para decirlo con cierta exageración que ayude a poner de relieve lo esencial del asunto– podría decirse que mientras la política de nuestros días tiene un carácter cada vez más técnico y en todo caso más complejo, los parlamentos siguen en lo esencial fieles al modelo del siglo XIX. En el mejor de los casos son asambleas en las que los representantes elegidos por los ciudadanos toman decisiones sobre la base de su sentido común y de sus presupuestos ideológicos acerca de cuestiones políticas relacionadas con asuntos de elevada complejidad cuyo dominio no está generalmente al alcance de sus competencias profesionales.

Una consecuencia que se deriva de esta situación es que, a la mediación tradicional de los intereses sociales a través de la representación parlamentaria,

<sup>6</sup> Esta valoración de la democracia representativa les parecerá insuficiente a algunos filósofos de la política. Mi propio enfoque de la cuestión está desarrollado en M.Á. Quintanilla y R. Vargas-Machuca (1989).

se le superpone inevitablemente la mediación de los partidos políticos y, en último término, el predominio de la información y la competencia técnica de la Administración al servicio del poder ejecutivo o de los expertos que trabajan al servicio de poderosos grupos de presión. Seguramente ésta es una de las causas fundamentales del tan repetido desplazamiento del centro de la política desde el área parlamentaria al área del poder ejecutivo, así como de las sospechas que periódicamente se suscitan respecto a la capacidad del parlamento para ejercer eficazmente sus funciones en las complejas sociedades modernas.

Personalmente no estoy muy de acuerdo con este tipo de análisis sobre las funciones del parlamento en la política de nuestros días. Y sobre todo no creo que el problema fundamental sea el posible desplazamiento del centro de interés desde el parlamento al ejecutivo, o desde los parlamentarios individualmente considerados a los grupos políticos. Al margen de la valoración que estos fenómenos nos puedan merecer, lo que quisiera resaltar es que no hay ninguna razón para pensar que este tipo de cambios en la actividad parlamentaria sean ni una consecuencia ni una respuesta a la complejidad de los problemas políticos actuales. La suma de las posibles incompetencias individuales de los parlamentarios nunca dará como resultado una mayor competencia del grupo o del partido político. Por otra parte, aunque es cierto que el Ejecutivo o los grupos de presión pueden disponer de mayor información y capacidad técnica, también lo es que ni la más copiosa información puede sustituir a la voluntad política a la hora de adoptar decisiones en un contexto típico de incertidumbre y de riesgo.

En realidad, los procesos de toma de decisiones políticas tienen una lógica propia en la que la información y el asesoramiento técnico es esencial, pero nunca suficiente. Y el problema fundamental que se plantea en el análisis de decisiones políticas en asuntos de elevada complejidad técnica no es el de sustituir las decisiones políticas por directivas técnicas, sino el de garantizar que la información de que se dispone para tomar la decisión política es pertinente al problema de que se trata. Cuando esto no sucede el resultado es que las decisiones se adoptan con criterios inadecuados, independientemente de que la responsabilidad sea de los individuos o de los grupos.

El problema entonces no es tanto la inadecuación de los mecanismos formales parlamentarios al carácter técnico de las decisiones políticas actuales, sino el de la adecuación de los instrumentos y criterios que intervienen en los procesos de decisión, a la naturaleza de los asuntos a los que tales procesos se refieren.

Esto es especialmente relevante en la esfera de la política científica y tecnológica. Si algo hay evidente en este caso es precisamente que las decisiones más importantes son estrictamente políticas y nada técnicas, aunque el contenido y la información que se requiere para tomar esas decisiones sí son eminentemente técnicos. Lo esencial, sin embargo, más que la complejidad técnica es el carácter novedoso y específico del tipo de información que resulta pertinente.

Mi hipótesis es que, a diferencia de lo que ocurre en otras esferas de las competencias parlamentarias, en la de la política científica y tecnológica, el *parlamento es el lugar idóneo para adoptar decisiones desde la óptica de la evaluación social del desarrollo tecnológico* y para ello necesita un tipo de información específica

que el propio parlamento debe tener la posibilidad de generar como tal institución.

No entraré aquí a definir las características que debe tener esta información y la forma cómo puede organizarse la obtención de la misma por parte del Parlamento. Señalaré tan sólo algunos requisitos que parecen esenciales.

1. En primer lugar se trata de que los parlamentarios puedan disponer de una *información objetiva* acerca de las opciones científicas y tecnológicas más importantes.
2. En segundo lugar, la información debe intentar ser *comprehensiva*, guiada tanto por criterios de factibilidad y eficiencia, como por criterios de evaluación externa de idoneidad y análisis de consecuencias.
3. Por último, creo que el proceso de elaboración y de difusión de la información debe ser *participativo* y en especial debe propiciar que los parlamentarios puedan seguir el proceso en diálogo con los expertos y con los sectores sociales a los que potencialmente más pueden afectar las decisiones políticas que se adopten en base a la información obtenida.

De hecho, las diversas experiencias que están en marcha en algunos parlamentos parecen orientarse todas ellas en la misma dirección, a pesar de las diferencias organizativas e institucionales que existen. Y personalmente creo que la difusión de este tipo de iniciativas e instrumentos parlamentarios va a continuar y se va a extender el enfoque integral de la política científica y tecnológica, de forma semejante a como en los años sesenta y setenta del siglo XX se extendieron las políticas de promoción y orientación, a través sobre todo de la creación de departamentos especializados del poder ejecutivo.<sup>7</sup>

Pero junto a las instituciones parlamentarias, como cauce fundamental de la participación política en las democracias representativas, hay que señalar el papel ineludible de los medios de comunicación como instrumentos para la configuración y difusión de la opinión pública.

## LAS RESPONSABILIDADES DEL PERIODISMO CIENTÍFICO

En una sociedad democrática y pluralista, la existencia de una opinión pública adecuadamente informada y con capacidad para expresarse y difundirse libre-

<sup>7</sup> Desde finales de los 80, las recomendaciones de la OCDE apuntan en esta previsión. Por ejemplo, en OCDE (1988) se dice: "Recomendamos que se continúen desarrollando diversas formas de evaluación de tecnologías, entendida ésta como un proceso continuado en el cual los parlamentos deberían estar preparados para desempeñar un papel activo e informado, aunque no exclusivo. El objetivo principal debería ser proporcionar información a las partes interesadas, para promover y participar en un debate público constructivo que involucre a un amplio círculo de instituciones, reforzando así el proceso democrático a través de una mayor comprensión e implicación del público en el proceso de cambio".

mente es tan importante como la propia existencia de las instituciones políticas democráticas. Éste es un axioma de la tradición democrática liberal tan evidente que el declararlo resulta superfluo. Sin embargo, no está fuera de lugar aquí, si lo que pretendemos es precisamente ver de qué forma los medios de comunicación y la opinión pública pueden incidir en este nuevo campo y de qué manera el enfoque integral de la política científica y tecnológica que hemos expuesto requiere, para ser efectivo, la colaboración activa y un cierto cambio de actitud y de estilo en el periodismo científico tradicional.

Constatemos, en primer lugar, un hecho de todos conocido. Si medimos la importancia del periodismo científico por el porcentaje de espacio que la sección de ciencia y técnica ocupa en un periódico normal, o en la programación de una cadena de televisión o en el número de revistas semanales que se editan en un país, habrá que concluir que se trata de un área de interés muy secundario en la opinión pública. Sin embargo, es preciso resaltar también que existen diferencias notables entre unos países y otros, que la importancia del periodismo científico es proporcional al nivel de desarrollo económico y cultural de un país y que, como ha sucedido con la información económica, la información científica y técnica parece ir adquiriendo una relevancia cada vez mayor.<sup>8</sup>

Pero no está claro, sin embargo, que las formas y estilos predominantes en el periodismo científico actual sean los más apropiados para propiciar la participación del público en la evaluación y control del desarrollo científico y técnico. Aun a riesgo de simplificar y de ser injustos con otros valores muy positivos que sin duda hay que señalar en el periodismo científico, señalaremos algunos estereotipos, muy extendidos en el tratamiento de los temas científicos y tecnológicos por parte de los medios de comunicación, que en realidad devalúan la función social y política que estos medios deben cumplir. Se trata de los estereotipos del *misterio* científico, el *determinismo* tecnológico y la *ingenuidad* social y política.<sup>9</sup>

<sup>8</sup> En España se ha operado una evolución muy interesante a este respecto. A finales de los setenta no había prensa especializada en divulgación científica y los medios de información general apenas concedían espacio a los temas científico-técnicos. La situación cambió drásticamente en las últimas décadas del siglo XX. En la actualidad, existen varias revistas mensuales de divulgación científica y técnica orientadas al gran público y que tienen una gran difusión. Los canales especializados de televisión tienen un relativo éxito, y existe una comunidad de expertos comunicadores interesados en promover el periodismo científico a través de congresos y reuniones nacionales e internacionales de gran repercusión.

<sup>9</sup> Aunque no creo que estos estereotipos sean exclusivos del ámbito cultural hispánico, no cabe duda de que están muy arraigados en nuestra cultura popular: todos ellos tienen su fiel expresión en ese estribillo lamentable de una famosa zarzuela española, *La Verbena de la Paloma*, en la que D. Hilarión, el boticario, hace alardes de su ilustración repitiendo estúpidamente en el dueto del comienzo de la obra: "Hoy las ciencias adelantan que es una barbaridad, una brutalidad, una bestialidad". En contraste con el genio nacional y castizo de D. Hilarión, el británico Pigmalión de Bernard Shaw utilizaba sus conocimientos científicos para alfabetizar a la muchacha del arrabal.

En efecto, los temas científicos se presentan con frecuencia como descubrimientos casi milagrosos, incomprensibles para el lego, pero de gran trascendencia supuesta para la humanidad, aunque sin saber muy bien por qué. Lo que prima en la información es el sensacionalismo de los descubrimientos, en vez de la dificultad del trabajo que ha conducido a ellos y la verdadera naturaleza de los problemas que tales descubrimientos pueden ayudar a resolver. Por eso no es infrecuente que la información científica esté plagada de errores, inexactitudes y exageraciones.<sup>10</sup> Se parte de la convicción de que los entresijos del problema no interesan al lector, al que se supone, por definición, incapacitado para entender el conocimiento científico.<sup>11</sup>

Otro estereotipo peligroso es el que denominamos *determinismo tecnológico*.<sup>12</sup> Éste aparece sobre todo en la forma de presentar los avances científicos y técnicos como una especie de necesidad de nuestra época, en vez de como el resultado de una empresa, conscientemente asumida, consistente en buscar soluciones técnicas a problemas sociales y humanos.<sup>13</sup> El resultado es que se infunde en el receptor de la información una actitud pasiva, contemplativa, en vez de una actitud participativa respecto a los problemas del desarrollo tecnológico.

Por último, la *ingenuidad* en el tratamiento de las dimensiones sociales y políticas del desarrollo científico técnico no debe confundirse con la necesaria simplificación que la propia naturaleza de algunos medios de comunicación impone. Se trata más bien de las dos versiones ingenuas predominantes respecto al sentido y el valor de la ciencia y la tecnología: la *optimista*, de acuerdo con la cual todo descubrimiento es bueno y la *pesimista*, en sus variadas modalidades, según la cual el desarrollo tecnológico conduce a la autodestrucción, la ciencia está al servicio del capitalismo y cualquier avance científico técnico es un paso atrás en la emancipación de la humanidad. En ninguno de los dos casos aparece en el pri-

<sup>10</sup> El ejemplo de la *fusión fría*, episodio científico-mediático que se produjo a finales de los 80, fue ilustrativo de un fenómeno que desde entonces no ha hecho más que incrementarse: el sensacionalismo periodístico ha contagiado a los propios medios científicos. Por otra parte, desde que la oveja Dolly saltó a las portadas de la prensa internacional las noticias sobre reproducción humana resultan indistinguibles de las especulaciones sobre clonación.

<sup>11</sup> En este contexto no debe resultar extraño que la frontera entre la ciencia y la pseudociencia resulte cada vez más difusa: los *ovnis* venden más periódicos que los satélites de comunicaciones.

<sup>12</sup> Véase el capítulo 3 para una discusión y crítica detallada del determinismo tecnológico.

<sup>13</sup> Algún día los analistas financieros reconocerán que la ruina de las empresas de telecomunicaciones que invirtieron en UMTS se debe al prejuicio del determinismo tecnológico: comprometieron grandes inversiones en una tecnología nueva (UMTS) antes de que ésta estuviera disponible, confiando en la inexorabilidad e inmediatez de su desarrollo y en la presión irresistible que su mera existencia ejercería sobre los hábitos y decisiones de los consumidores. Ese día la crítica filosófica del determinismo tecnológico alcanzará una alta cotización en bolsa.

mer plano lo más importante: que el nivel de desarrollo científico y la maldad o bondad de las aplicaciones técnicas dependen de decisiones humanas en las que el público puede influir de forma determinante.

Creo que para que sea posible una participación consciente de los ciudadanos, a través de los cauces democráticos, en el control y evaluación de la política científica y técnica, los medios de comunicación tienen que hacer esfuerzos para superar estos estereotipos y limitaciones. Si ponemos estas sugerencias en forma casi de recetas, he aquí las más esenciales:

1. Centrar la información en la investigación científica y el desarrollo tecnológico como *procesos*, en vez de exclusivamente en los resultados de tales procesos (los descubrimientos científicos y los nuevos artefactos técnicos).
2. Presentar el desarrollo científico-técnico como un fenómeno social que depende de decisiones humanas, que tiene un coste económico, unas consecuencias sociales y una dimensión política.
3. Resaltar el carácter abierto de las grandes cuestiones referidas a los objetivos de desarrollo tecnológico, los costes, la evaluación de consecuencias, etc. y propiciar el periodismo de opinión sobre estos temas, contribuyendo así a la creación de un consenso democrático.
4. Conectar la información con la política nacional e internacional de desarrollo científico-tecnológico, propiciando la participación de los ciudadanos en el debate de esta política.

## RESUMEN Y CONCLUSIONES

La ciencia y la tecnología están llamadas a ocupar un papel cada vez más central en las sociedades modernas. Por lo tanto, la política científica y tecnológica será cada vez más importante y en ella desempeñará un papel cada vez más decisivo la perspectiva de la evaluación y el control democrático del desarrollo tecnológico. Por consiguiente, los sistemas democráticos deben adaptarse para garantizar que los mecanismos tradicionales de la representación y la participación política funcionen adecuadamente en este campo. En concreto, los parlamentos deben dotarse de instrumentos adecuados para disponer de un información objetiva, relevante y comprensiva sobre los problemas del desarrollo científico y técnico que permita a los políticos tomar decisiones desde una perspectiva integral y a través de procesos racionales y participativos. Los medios de comunicación tienen un papel importante que desempeñar en esta empresa, pero el periodismo científico tendrá que hacer un esfuerzo de adaptación a las nuevas exigencias, superando viejos estereotipos y propiciando el debate y la formación de opinión respecto las grandes opciones que se presentan en la política nacional de ciencia y tecnología, las consecuencias del desarrollo tecnológico y la formación de un consenso democrático en este campo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bunge, M. (1980): *Ciencia y desarrollo*. Ediciones Siglo XX. Buenos Aires.
- Castilla, A. et al. (1987-1988): *La evaluación de tecnologías*. Telos, 12. Pp. 49-104.
- Hoo, S.C. et al. (Eds.) (1987): *Technology Assessment: An Opportunity for Europe*. Dutch Ministry of Education and Science. The Hague.
- OCDE (1988): *New Technologies in the 1990s. A Socio-economic Strategy*. París.
- Quintanilla, M.Á. (1989): *Tecnología: Un enfoque filosófico*. FUNDESCO. Madrid.
- (1995): "La construcción del futuro". En: Fernando Broncano (ed.): *Nuevas meditaciones sobre la técnica*. Trotta. Madrid, 1995. Pp. 201-216.
- Quintanilla, M.Á. (Coord.) (1989): *Evaluación parlamentaria de opciones científicas y tecnológicas. Seminario internacional*. Centro de Estudios Constitucionales. Madrid.
- Quintanilla, M.Á., Vargas-Machuca, R. (1989): *Utopía racional*. Espasa Calpe. Madrid.
- Quintanilla, M.Á., Sánchez Ron, J.M. (1998): *Ciencia, Tecnología y Sociedad*. Santillana. Madrid.
- Ramírez, J. M. y Fernández-Rañada, A. (1996): *De la agresión a la guerra nuclear. Rotblat, Pugwash y la Paz*. Ediciones Nobel. Oviedo. 1996.
- Sanz Menéndez, L. y Santesmases, M. J. (comps.) (1996): *Ciencia y Estado*. Número monográfico de *Zona Abierta*, 75/76.
- Smits, R. et al. (1987): *The Possibilities and Limitations of Technology Assessment*. Dutch Ministry of Education and Science. The Hague.

## CAPÍTULO VIII

# La participación del público en las decisiones tecnológicas

*Eduard Aibar*

### CRISIS DE CONFIANZA, CRISIS DE LEGITIMIDAD

La inquietud pública respecto a los efectos sociales y medioambientales de la tecnología se ha desarrollado especialmente desde los años cincuenta y sesenta del siglo pasado. No sólo es difícil, sin embargo, establecer las causas de este fenómeno, sino que describirlo de forma más detallada constituye una tarea sobre la que aún se producen fuertes discrepancias. A veces se habla, por ejemplo, de una pérdida generalizada de *confianza* en las instituciones científicas (Frewer, 1999). Mientras que hasta mediados del siglo XIX, y en particular hasta la Segunda Guerra Mundial, el desarrollo de la ciencia y la tecnología se equiparaba de forma casi unánime con el progreso social y con la mejora de las condiciones de vida, en las últimas décadas se ha producido un giro significativo en la actitud pública hacia estos temas. Esta transformación se cifra para muchos autores en una mayor demanda de control social sobre las actividades científicas y tecnológicas.

El problema principal de este enfoque es que siempre resulta difícil aislar el estado de la confianza pública en las instituciones científicas, de la confianza en otras instituciones sociales y políticas no menos importantes. De hecho, la baja confianza actual en las instituciones políticas tradicionales es un hecho reconoci-

do por muchos sociólogos y politólogos<sup>1</sup> que no dudan en hablar, por ejemplo, de una crisis de legitimidad de los mecanismos tradicionales de representación política –una crisis que parece agudizarse conforme nos adentramos en el nuevo siglo. Es difícil saber si el cambio de actitud pública hacia la ciencia y la tecnología es un síntoma más de esta situación o, por el contrario, un fenómeno independiente aunque relacionado, pero de naturaleza distinta.

En cualquier caso, el impacto de ciertas catástrofes y accidentes tecnológicos, ciertamente espectaculares, en la percepción pública de la tecnociencia contemporánea no debe ser menospreciado. El DDT<sup>2</sup>, los pesticidas organofosfatados<sup>3</sup>, la talidomida<sup>4</sup>, el accidente de Bhopal<sup>5</sup>, el de Seveso<sup>6</sup>, el de Chernobyl, el efecto

<sup>1</sup> Véase, por ejemplo, el capítulo 5 de Castells (2002).

<sup>2</sup> La máxima producción de este insecticida se alcanzó en 1970 y a partir de entonces se fue prohibiendo su uso, cada vez en más países, y descendió consecuentemente su producción. En primer lugar, el DDT es un producto de lenta conversión a sustancias no tóxicas en la naturaleza: su persistencia media es de unos 3 años. Además, es muy poco soluble en agua, lo que hace que no se elimine por la orina, y es muy soluble en grasas, por lo que se acumula en los tejidos de los organismos vivos, a lo largo de la cadena trófica. Así, por ejemplo, el DDT que se extiende sobre un cultivo se encuentra en una concentración bajísima en las plantas; pero en los insectos que se alimentan de estas plantas puede darse en concentraciones diez veces mayores. Si el insecto resiste al DDT y es comido por ranas, por ejemplo, el DDT alcanzará concentraciones 100 veces mayores en ellas que en las plantas; y las aves rapaces que comen a las ranas llegarán a tener concentraciones 1000 veces superiores. Uno de los principales efectos de estas altísimas concentraciones de DDT se produjo, precisamente, sobre el proceso reproductivo de las aves, porque sus huevos empezaron a tener unas cáscaras extraordinariamente finas y frágiles y muchos de ellos se rompían durante la incubación. De esta forma, las poblaciones de algunas especies de aves disminuyeron de forma alarmante.

<sup>3</sup> Son muy tóxicos para el ser humano –tanto como los más conocidos venenos: el arsénico, la estricnina o el cianuro. Fueron desarrollados a partir del gas nervioso preparado por los alemanes en la Segunda Guerra Mundial.

<sup>4</sup> La talidomida se empezó a recetar por primera vez a finales de la década de los 50, en Europa, para tratar la ansiedad, el insomnio y, en mujeres embarazadas, las náuseas y los vómitos matutinos. La droga se comercializó en múltiples países, como Japón, Australia y Canadá. Se retiró del mercado a comienzos de la década de los 60, cuando los médicos descubrieron que causaba terribles malformaciones en los recién nacidos. En diversas partes del mundo nacieron más de 10.000 niños gravemente deformes, muchos de ellos sin brazos ni piernas, porque sus madres habían tomado la droga al comienzo del embarazo.

<sup>5</sup> Durante la noche del 2 al 3 de diciembre de 1984, se produjo en Bhopal, la capital del Estado indio de Madhya Pradesh, una de las mayores catástrofes industriales de la época. En la fábrica de pesticidas que la multinacional Union Carbide Corporation, de origen norteamericano, tenía en el noroeste de la ciudad, se produjo una fuga de unas 40 toneladas de Isocianato de Metilo que, junto con otras sustancias químicas como Cianuro de Hidrógeno, causó de forma directa la muerte a 8.000 personas y produjo daños multisistémicos a unas 500.000 personas. Las muertes en los años siguientes llegaron a 16.000.

<sup>6</sup> El sábado 11 de julio de 1976, en una fábrica de productos químicos que el grupo multinacional Roche tenía en Italia, se estaba desarrollando el proceso de producción in-

invernadero y, más recientemente, el agujero en la capa de ozono, la enfermedad de las vacas locas o el tema de las dioxinas han ayudado a promover la idea de que la tecnología puede tener consecuencias terribles e inesperadas si no se ejerce un control severo sobre su desarrollo y difusión. En muchos casos, además, estos accidentes han contribuido a extender la creencia en la autonomía de la tecnología, que ya hemos tratado en esta obra:<sup>7</sup> la idea de que la tecnología se halla, en lo fundamental, *fuera de control*.

Desde principios de los setenta es fácil observar en algunos países europeos y en los EEUU, fundamentalmente, la proliferación de protestas masivas en contra de determinados proyectos tecnológicos: desde grandes plantas industriales a aeropuertos o centrales nucleares. Gran parte de estas protestas se han centrado en los riesgos para la salud humana o en la amenaza que tales iniciativas suponen para el medioambiente. Lo que es más importante para la cuestión que nos ocupa es que tales protestas, muchas de las cuales, como es sobradamente conocido, han cristalizado en movimientos sociales de gran pujanza, han experimentado un proceso de transformación singular. Mientras que en un principio el foco de atención se puso, principalmente, en las cuestiones sustantivas, es decir, en los efectos, adecuación o necesidad de proyectos tecnológicos específicos, poco a poco, la atención se ha ido desplazando hasta alcanzar los aspectos instrumentales de estas cuestiones: las protestas han puesto en duda los procesos mismos de decisión que se hallan en la base de tales proyectos (Hager, 1993).

Los movimientos de protesta, por lo tanto, no sólo se han enfrentado a los proyectos tecnológicos sino que han cuestionado la legitimidad de las instituciones que los promueven. Por un lado, se ha denunciado reiteradamente la estrategia tradicional de las burocracias estatales y de los gobiernos consistente en etiquetar como “técnicas” todas aquellas decisiones que tienen que ver con el cambio tecnológico. Por otro, ante la imposibilidad, en la mayoría de ocasiones, de influir en este tipo de decisiones mediante los canales democráticos tradicionales, representados básicamente por los parlamentos, muchos de estos movimientos han optado por organizarse al margen del sistema de partidos políticos y por ejercer, de este modo, su presión sobre el proceso de toma de decisiones desde la movilización masiva o desde los tribunales de justicia.

Uno de los objetivos de este tipo de movimientos ha sido, consecuentemente, el de politizar decisiones que habitualmente, al ser catalogadas como “técnicas”, han sido tomadas por comités formados, por ejemplo, por exper-

ustrial del triclorofenol, un producto químico con el cual se fabrica el desinfectante hexaclorofeno. Un accidente en el proceso provocó la emisión de una nube de gases tóxicos con una alta proporción de dioxinas tóxicas que llegó a las zonas vecinas, especialmente a la localidad de Seveso, donde 736 personas fueron evacuadas y hubo que descontaminar suelos y viviendas. Unos 3.300 animales, principalmente pollos y conejos, murieron en los alrededores de la fábrica y unos 77.000 animales fueron sacrificados para impedir que el TCDD (dioxina muy tóxica) entrara en la cadena trófica.

<sup>7</sup> Véase el capítulo 3.

tos científicos de la administración, por representantes de la industria o por políticos y funcionarios. La politización de tales decisiones implica, evidentemente, la voluntad de abrirlas al escrutinio público y la creencia de que deben someterse, también, de alguna forma, a mecanismos de participación democrática.

Es conocida la tendencia en la política contemporánea a traspasar un número creciente de funciones y decisiones a las elites de la burocracia estatal. Esta tendencia, analizada por autores clásicos como Weber, se apoya en la consideración de que la burocracia constituye un mecanismo organizativo más rápido, fiable, racional y técnicamente competente para la toma de decisiones, que la política parlamentaria. Como consecuencia de esta situación, el papel de los parlamentos en las decisiones que involucran cuestiones tecnológicas, se ha visto drásticamente reducido. La mayor parte de decisiones importantes –y en muchos casos éstas son, precisamente, las que tienen que ver con los aspectos preliminares de un proyecto– se toman, a puerta cerrada, entre altos cargos de la administración y los industriales o empresarios.

La percepción pública de que los parlamentos son, en gran medida, irrelevantes en lo que respecta al ámbito de la tecnología, se ha extendido enormemente. Es por ello que muchos de los movimientos e iniciativas populares han preferido constituirse como fuerzas extraparlamentarias para oponerse, directamente, a las burocracias estatales o a la industria, e intentar, de este modo, abrir discusiones públicas, no sólo respecto a los medios o a determinadas cuestiones técnicas, sino sobre los fines mismos de los proyectos tecnológicos. En la Alemania Occidental de 1975, el número de personas que manifestaban su pertenencia a movimientos o iniciativas medioambientales excedía por sí solo al número total de afiliados a alguno de los partidos políticos (Hager, 1993). En último término, se ha extendido el convencimiento de que las instituciones políticas tradicionales no constituyen un medio adecuado para conseguir formas de participación democrática en las decisiones tecnológicas.

## EL PROBLEMA DE LA EXTENSIÓN

La idea de que la toma de decisiones en el ámbito de la ciencia y la tecnología debe ser profundamente modificada de forma que permita la participación efectiva del público, no sólo se ha extendido entre los diferentes movimientos y organizaciones sociales, sino que también se ha impuesto, mayoritariamente, entre los investigadores y los círculos académicos que analizan las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad. Su impacto en los gobiernos y en las instituciones públicas ligadas a la administración es, sin embargo, mucho más limitado, aunque en algunos países, como Francia y los EEUU, la legislación reciente obliga a obtener información sobre la opinión del público antes de tomar decisiones en ciertas áreas de riesgo –como la situación de un cementerio de desechos nucleares o el establecimiento de prioridades en la prevención de riesgos medioambientales (Rowe y Frewer, 2000).

A pesar de este relativo acuerdo sobre la necesidad de extender el dominio de los procedimientos democráticos al terreno de la ciencia y la tecnología, las incógnitas sobre la naturaleza y el alcance de la participación pública son muchas. Siguiendo la terminología propuesta en un trabajo reciente por Collins y Evans (2002), en la cuestión de la participación en las decisiones tecnológicas es necesario distinguir dos problemas distintos. Por un lado, tenemos el problema de la *legitimidad*, es decir, la cuestión de si resulta pertinente, legítimo o adecuado que para tomar decisiones sobre temas tecnológicos en el dominio público (cuestiones sobre si, por ejemplo, debe prohibirse el consumo de carne de vacuno, si el estado debe ejercer censura o control sobre los contenidos en Internet o si deben construirse nuevas centrales nucleares) puedan intervenir en el proceso otras opiniones que las de los expertos científicos y tecnológicos.

El problema de la legitimidad puede considerarse, en lo fundamental, resuelto. Si atendemos a los resultados de la mayor parte de estudios en ciencia, tecnología y sociedad, desarrollados en las últimas décadas, la intervención del público en este ámbito es, a todas luces, legítima. Por un lado, se trata de cuestiones que involucran, en último término, aspectos y decisiones que van más allá de la propia experticia tecnocientífica. En ese sentido, ya hemos visto cómo las características propias de la ciencia regulativa permiten que ciertos valores o preferencias prácticas configuren los dictámenes científicos, elaborados en muchos casos bajo niveles de profunda incertidumbre. Por otro, hemos observado también cómo la solución a este tipo de problemas involucra, aunque sea de forma implícita, suposiciones o modelos del mundo social<sup>8</sup> que introducen, por lo tanto, un componente normativo o axiológico que puede y debiera ser discutido en círculos más amplios que los de la experticia científica.<sup>9</sup>

El estudio social del cambio tecnológico muestra, resumiendo, que si hemos podido poner de manifiesto que las decisiones tecnológicas tomadas desde estructuras tecnocráticas no son, a menudo, en absoluto *neutrales* y resultan, en cambio, *cargadas de valores*, no hay ninguna razón para impedir que tales decisiones se trasladen a un debate político *explícito* en que las cuestiones axiológicas pueden ser tratadas de forma abierta y directa.<sup>10</sup>

<sup>8</sup> Véase al respecto el capítulo 5.

<sup>9</sup> Para Collins y Evans (2002), el problema de la legitimación ha sido resuelto satisfactoriamente por lo que denominan la *segunda ola* de los estudios sobre ciencia y tecnología. La primera ola, constituida por las perspectivas tradicionales en el estudio de la ciencia, básicamente neopositivismo y racionalismo crítico, ni si quiera se planteó el problema de la legitimidad, puesto que su objetivo principal fue –de acuerdo con el entorno social en que se desarrolló– el de reforzar el éxito de la ciencia. Las decisiones científicas debían dejarse siempre en manos de científicos y la cuestión de la participación del público no acostumbraba a plantearse.

<sup>10</sup> Para un argumento más elaborado en este sentido véase el capítulo 5 de Bijker (1995).

El segundo aspecto de la cuestión de la participación del público en la toma de decisiones tecnológicas lo constituye el *problema de la extensión*<sup>11</sup>: ¿hasta qué punto debe extenderse la participación del público en estas decisiones? En otras palabras:

Should the political legitimacy of technical decisions in the public domain be maximized by referring them to the widest democratic processes, or should such decisions be based on the best expert advice? (Collins y Evans, 2002, 235).

Por otro lado, el problema de la extensión es en sí mismo el fruto de entrecruzar dos inquietudes distintas y ampliamente aceptadas: la necesidad de involucrar al público en las decisiones que le afectan y la cuestión de cómo tomar decisiones basadas en conocimiento científico *antes* de que los científicos mismos hayan alcanzado un consenso sólido.<sup>12</sup>

Aunque la formulación anterior, como veremos más adelante, presenta algunos problemas, nos sirve de momento para plantear el problema en su dimensión más crucial. En efecto, las dos opciones que se exponen ponen de manifiesto la tensión esencial a la que debe enfrentarse el problema de la extensión. Por un lado, si la participación se extiende al máximo, involucrando, por ejemplo, a miembros del público con escasa información o con información poco fiable, el peligro de la ineficacia y el de la parálisis tecnológica o práctica resulta evidente. Por otro lado, si, siguiendo las directrices de los modelos tecnocráticos, el peso de las decisiones se pone exclusivamente en los expertos, la oposición social –tal y como la historia nos muestra– está garantizada y el conflicto asegurado.

Esta tensión básica aparece, bajo diversas formas, en gran parte de la literatura especializada publicada en los últimos años.<sup>13</sup> Algunos autores, por ejemplo, condicionan la participación al nivel de formación. De esta forma, sólo los miembros del público convenientemente informados y con capacidad suficiente para entender los problemas de que se trata en una controversia, así como los detalles más técnicos de la misma, tendrían la oportunidad de influir de forma efectiva en el proceso. Dado que la competencia política depende, en esta perspectiva, de la competencia científica previa, extender la participación del público equivale a mejorar de forma significativa su nivel de conocimientos científicos. Como eso es prácticamente imposible para toda la población, este tipo de enfoques, suelen res-

<sup>11</sup> En el capítulo 4 hemos tratado el problema de la extensión, pero en un sentido diferente –aunque relacionado– al de aquí.

<sup>12</sup> Una cuestión diferente de la que según Collins y Evans (2002) caracteriza la mayor parte de los esfuerzos de la *segunda ola* de los estudios de ciencia y tecnología: ¿cómo se forma el consenso entre los científicos?

<sup>13</sup> Broncano (2000, 279), por ejemplo, presenta esta tensión –planteada en términos ligeramente diferentes– en el marco de una discusión sobre el concepto de racionalidad colectiva en las controversias tecnológicas.

tringir la participación a aquellos ciudadanos que pueden ser convenientemente educados.<sup>14</sup>

Esta tensión se vive, por cierto, de forma especialmente angustiada desde las comunidades técnicas y científicas. Cada vez que se plantea la posibilidad de incorporar a “legos” en los procesos de decisión, son muchos los científicos y tecnólogos que manifiestan su inquietud ante el tema. Temen que, a pesar de la saludable voluntad de ampliar los procesos de decisión, ello acabe constituyendo un obstáculo para los proyectos en que trabajan (Wurth, 1992, 289).

El problema de la extensión, por lo tanto, pone sobre la mesa la cuestión de cómo pueden reconciliarse dos objetivos distintos: el de obtener el mayor apoyo público para las decisiones tecnológicas y el de conseguir que tales decisiones resulten tecnológicamente adecuadas, viables y eficientes. Una vía posible para encontrar una solución al problema puede ser la de analizar los tipos de experticia que son relevantes para una cuestión concreta.<sup>15</sup> Ésta es la vía que exploraremos en las próximas secciones de este capítulo.

Es interesante destacar, de cualquier modo, que los teóricos de la modernidad reflexiva, tales como Ulrich Beck y Anthony Giddens, aunque en algunos casos plantean, adaptándolo a sus marcos teóricos, el problema de la legitimidad, no llegan a formular de forma explícita el problema de la extensión, ni pueden por ello acometer su solución. Giddens (1996), por ejemplo, ha planteado reiteradamente el problema de la identidad que surge como consecuencia de la profunda erosión de las instituciones tradicionales. La progresiva desvinculación de los individuos respecto a estas instituciones tiene como efecto una politización creciente de la identidad: ésta se convierte en el producto de una serie de elecciones individuales.

En el terreno de la ciencia este proceso se traduce en la proliferación, tanto de la experticia como de la contra-experticia y, consecuentemente, en la necesidad de elegir continuamente qué fuentes se consideran más fiables. La emergencia de movimientos sociales alternativos en los que se construyen nuevos espacios en los que la identidad de la vida individual puede configurarse, constituye una consecuencia de ello. Para este tipo de autores, la solución es incorporar estos movimientos alternativos, bajo diferentes estrategias, en las instituciones de gobierno. Queda, sin embargo, por aclarar la extensión de dicha participación y hasta qué punto debe ésta producirse, es decir, hasta qué nivel de las decisiones es posible o deseable llevarla a cabo.<sup>16</sup> En gran parte, estos autores mantienen implícitamente, además, una oposición demasiado clásica y aproblemática entre legos y expertos, similar a la que se profesa desde el modelo de déficit. Éste es precisamente, como veremos a continuación, uno de los obstáculos más importantes para abordar el problema de la extensión en toda su dimensión.

<sup>14</sup> Pellizoni (1999) examina algunos enfoques teóricos en este sentido.

<sup>15</sup> Éste es el camino que exploran Collins y Evans (2002).

<sup>16</sup> Para una crítica de la teorías de la modernidad reflexiva desde los estudios sociales de la ciencia y la tecnología puede consultarse Wynne (1996).

## EXPERTICIA CONTRIBUTIVA Y EXPERTICIA INTERACTIVA

La mayor parte de especialistas estarían de acuerdo en afirmar que, en las controversias científicas usuales, es decir, aquellas que normalmente no salen de los foros oficiales de las instituciones científicas, sólo pueden y deben intervenir los miembros del *conjunto central*<sup>17</sup>, es decir, los científicos que hacen contribuciones relevantes en ellas. Nadie, o prácticamente nadie, defiende que una cuestión como, por ejemplo, la de si los neutrinos tienen masa o no, deba abrirse a un debate democrático en el que participen personas, al margen de los pocos científicos que cuentan con la experiencia y los equipos necesarios para realizar los experimentos adecuados.<sup>18</sup>

En el contexto de una ciencia básica como la física de partículas, la capacidad legítima para participar en una controversia viene dada, fundamentalmente, por la experiencia o experticia previa de un científico. Esa capacidad se demuestra por su habilidad para contribuir de forma relevante a los debates sobre el tema de que se discute. Se trata de una experticia que podemos denominar *contributiva*<sup>19</sup> y que no debe equipararse ni con la experticia científica, en general, ni tan siquiera con la disciplinar. Un científico experto en física de partículas, aunque no en la cuestión de los neutrinos –por ejemplo, un especialista en fuentes de iones–, podría estar capacitado para *entender* los aspectos más relevantes del problema –incluso un periodista científico, un sociólogo o un filósofo de la ciencia podrían llegar a conseguirlo con un cierto esfuerzo, sin alcanzar sin embargo el nivel de experticia necesario para sugerir nuevos experimentos o discutir aspectos específicos de los ya realizados. Todos ellos tendrían, en ese sentido, experticia *interactiva*, aunque no *contributiva*. Podrían ser capaces de dialogar sobre el tema con los expertos del conjunto central, pero no podrían en cambio hacer contribuciones razonables sobre prácticamente ningún aspecto del problema.

Trasladándonos al ámbito público de las decisiones tecnológicas, esta distinción nos permite plantear el problema del tipo de experticia que pueden adquirir los miembros no-expertos del público. En este sentido, la mayor parte de estudios sobre controversias científico-tecnológicas públicas son taxativos. Pocas controversias de este tipo plantean problemas tan difíciles o intrincados como para que el público *interesado* no pueda entenderlos o, por lo menos, hacerse una idea bastante aproximada de las cuestiones centrales.

<sup>17</sup> Este término técnico de la sociología de la ciencia hace referencia a los investigadores científicos que participan en una controversia, contribuyendo activamente en los debates.

<sup>18</sup> Collins y Evans (2002) sostienen que ésta es básicamente una opción cultural. Es decir, que si alguien mostrase su desacuerdo con ella, estaría excluyéndose automáticamente de nuestra forma de vida “occidental”.

<sup>19</sup> Sigo en esta sección el modelo normativo de la experticia propuesto por Collins y Evans (2002).

En contraste con los resultados y sondeos tradicionales de percepción pública de la ciencia que hemos examinado en otro capítulo<sup>20</sup>, numerosos estudios de caso muestran cómo cuando el público (o mejor, instancias particulares del mismo como asociaciones de afectados, grupos ecologistas, etc.) se enfrenta a problemas que percibe como importantes para sus intereses o valores, y además, cree que existe una cierta posibilidad de influir en las decisiones relevantes, puede adquirir de forma activa un alto nivel de conocimientos científicos y técnicos.<sup>21</sup> Dicho de otro modo, el público –o grupos específicos de personas– puede adquirir, con relativa facilidad, una buena experticia interactiva en las CCTP.

Un ejemplo paradigmático en este sentido es el de los grupos de afectados por el SIDA en los EEUU (Epstein, 1995). Algunos grupos de afectados por esta enfermedad, principalmente pertenecientes al colectivo gay, se esforzaron tremendamente y de forma sistemática en aprender el lenguaje científico y todo aquello relevante sobre la metodología, problemas y limitaciones de los ensayos clínicos. Su experticia interactiva les permitió, no sin grandes esfuerzos, acabar dialogando directamente con los expertos científicos involucrados e influir, finalmente, en el diseño de los ensayos clínicos.

### ¿HAY VIDA EXPERTA FUERA DE LA CIENCIA?

En la mayor parte de discusiones sobre la participación del público en las decisiones científico-tecnológicas, la cuestión de la experticia pública, es decir, el presunto conocimiento experto por parte de los legos, suele interpretarse, en la línea de lo que acabamos de exponer, como la posibilidad de adquirir conocimientos científicos o técnicos apropiados. Dicho de forma taxativa, la posibilidad de que un miembro del público pueda contribuir significativamente en la toma de decisiones, depende básicamente de la posibilidad de que “devenga científico” en cuanto a su experticia interactiva.

En algunos casos, incluso, es posible que la educación acelerada y el examen exhaustivo de la información científica, permitan que la experiencia interactiva devenga también contributiva. De esta forma y suponiendo, obviamente, que el marco político y los mecanismos de decisión sean lo suficientemente receptivos o flexibles, los miembros del público podrán intervenir de forma efectiva en los problemas a debate. En el caso anteriormente mencionado de los tratamientos sobre el SIDA, la evidencia disponible sugiere una situación de ese tipo, en la que determinados miembros de los colectivos de activistas homosexuales, llegaron a conseguir un nivel de experticia contributiva ciertamente impresionante. El análisis de los movimientos ecologistas europeos muestra, igualmente, como ciertos grupos de protesta evidenciaron tener, en determinados problemas, un nivel de

<sup>20</sup> Véase el capítulo 6.

<sup>21</sup> Véase, por ejemplo, Davidson *et al.* (1997).

experticia contributiva mayor que el de los expertos científicos de los gobiernos o los de la propia industria (Hager, 1993).

Este tipo de experiencias ha generado un cierto número de estudios en lo que ha dado en llamarse *experticia lega*<sup>22</sup>, es decir, conocimiento experto en posesión de miembros no científicos del público. Un caso célebre en la literatura es el analizado por Wynne (1996) sobre la contaminación radioactiva en Cumbria.

### El caso de los granjeros de Cumbria

En dicho estudio se examinaban de forma detallada las relaciones entre los científicos y los granjeros de la región de Cumbria (situada al noroeste de Inglaterra), después de que el polvo radiactivo procedente de la catástrofe nuclear de Chernobyl, contaminase las suaves colinas de la zona, gracias a las lluvias que se produjeron durante los días posteriores al accidente. El análisis de Wynne muestra cómo los granjeros habían desarrollado con el tiempo un profundo conocimiento sobre el entorno ecológico de las ovejas, sobre la conducta de estos animales y sobre el comportamiento del agua de lluvia en sus terrenos: un tipo de conocimiento que era de gran relevancia para la cuestión de cómo tratar, tanto a las ovejas, como a los prados de las colinas en que pacían, de forma que se minimizase el impacto de la contaminación radioactiva.

Poco después de la Segunda Guerra Mundial se había construido en la zona una central nuclear: la central de Windscale-Sellafield. Debido a ello, los granjeros de Cumbria habían adquirido, a lo largo de muchos años, una gran experiencia en la ecología de las ovejas expuestas a sustancias radioactivas. Aunque no tenían ningún tipo de cualificación formal, ni académica ni de otro tipo al respecto, los granjeros poseían todas las características de un *conjunto central* de expertos en el área del conocimiento de los efectos de la contaminación radioactiva liviana, sobre las ovejas y sobre los pastos. A pesar de ello, los expertos científicos se mostraron remisos a considerar sus opiniones seriamente.

Los científicos, por ejemplo, creían que al cambiar la acidez del terreno la radioactividad se vería fijada en el suelo, de forma que la vegetación y por tanto las ovejas resultarían menos afectadas por ella. Para comprobar esta hipótesis los científicos idearon una serie de experimentos en los que se haría pastar a las ovejas, en terrenos cercados que previamente habrían recibido el tratamiento químico propuesto. A pesar de que los granjeros manifestaron reiteradamente que las ovejas, cuando están encerradas en un terreno cercado, no se desarrollan de forma adecuada, los experimentos se llevaron a cabo sin tener en cuenta su opinión. Finalmente sus resultados fueron calificados de inconcluyentes, porque la condición física de los animales había empeorado significativamente debido a su confinamiento.

<sup>22</sup> En inglés *lay expertise*.

Utilizando la terminología que hemos introducido más arriba, los granjeros de Cumbria habían desarrollado una experticia contributiva sobre el tema en cuestión aunque, curiosamente, no habían conseguido la experticia interactiva necesaria para comunicarse de forma adecuada con los expertos científicos –evidentemente, los científicos (pertenecientes, fundamentalmente al Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación del gobierno británico y a la British Nuclear Fuels Ltd.) tampoco mostraron la experticia interactiva necesaria para enriquecer sus apreciaciones con las opiniones de los granjeros; de hecho, ni siquiera estuvieron particularmente interesados en desarrollarla.

El estudio desarrollado sobre este caso muestra, además, que la experticia contributiva de los granjeros no se oponía en absoluto a la de los científicos. La experiencia de los granjeros, en una situación de comunicación más eficiente, habría sido complementaria a la científica; se habría añadido a ella.<sup>23</sup> De forma simétrica podríamos decir, evidentemente, que la experticia científica habría podido enriquecer la de los granjeros. En cualquier caso, hubiera sido la combinación de ambas lo que podría haber conducido a una solución más óptima del problema.

Lo que merece la pena destacar de este ejemplo es que determinados grupos del público no científico, pueden ser poseedores de conocimiento experto relevante, sin necesidad de haber desarrollado previamente un proceso de aprendizaje acelerado en ciencia o en tecnología nuclear. En términos estrictos es posible afirmar, por lo tanto, que existe experticia relevante no científica. Por lo que atañe al problema de la contaminación radioactiva en Cumbria, la diferencia fundamental entre los científicos y los granjeros fue que la experticia de los primeros estaba certificada mediante acreditaciones académicas, mientras que la de los segundos únicamente se sustentaba en su propia experiencia práctica. No se produjo, por lo tanto, una confrontación entre la experticia científica de dos grupos sociales distintos (los científicos y los granjeros), sino entre dos formas diferentes de experticia contributiva.

Una observación secundaria, aunque importante, que puede hacerse al hilo de este caso es la importancia de la *mediación* entre experticias distintas. Es muy posible que si en el caso de Cumbria hubiera tenido lugar la participación de algún mediador –o mediadores– capaz de traducir la información en los dos sentidos,<sup>24</sup> la controversia podría haberse resuelto de forma más satisfactoria (Collins y Evans, 2002, 256).

<sup>23</sup> Collins y Evans (2002) describen esta situación afirmando que ambas experticias –aunque formuladas en lenguajes muy distintos, son *continuas*. La experticia de un astrólogo y la de un astrofísico, por el contrario, son *discontinuas*.

<sup>24</sup> En el caso del SIDA que hemos mencionado anteriormente, es posible argumentar que los activistas, conscientes de esta dificultad, hicieron todo lo posible para traducir ellos mismos sus opiniones e inquietudes, sobre los tratamientos y ensayos clínicos, al lenguaje de la ciencia.

## EXPERTICIA CONTRIBUTIVA NO CIENTÍFICA

En cualquier caso, la observación de que el público, o sectores específicos de él, también puede tener conocimiento experto de origen no científico, que puede ser complementario, o rival en cuestiones concretas, al de los expertos certificados ha sido también señalada por otros especialistas (Yearley, 1999, 847). Este tipo de conocimiento experto se debe, en muchos casos, al conocimiento que el público construye sobre la base de su experiencia continuada sobre las circunstancias locales en que desarrolla sus actividades –circunstancias que, por otro lado, resultan a menudo profundamente desconocidas o, como mínimo, de difícil acceso para la experticia científica.

Otras dos lecciones importantes pueden extraerse, además, de este estudio de caso. En primer lugar, en sintonía con lo que hemos afirmado anteriormente en esta obra,<sup>25</sup> existen numerosos casos documentados de controversias tecnológicas o científicas públicas, en que el conflicto no se produce tanto por el déficit de conocimientos científicos por parte del público, o por sus errores de apreciación o comprensión de la información científica relevante, sino por la dificultad que las instituciones científicas oficiales manifiestan en el reconocimiento del conocimiento y experticia del público. Más que una deficiente comprensión pública de la ciencia, se produce, por lo tanto, una insatisfactoria comprensión del público por parte de la ciencia.

En segundo lugar, debemos ser cuidadosos y no equiparar automáticamente la distinción entre ‘legos y expertos’ con la dicotomía ‘público y científicos’. Por un lado, como ya hemos mencionado anteriormente, los científicos, por el sólo hecho de serlo, no son expertos contributivos en cualquier área, sino únicamente en el pequeño territorio ocupado por su especialidad. Por otro lado, existen expertos contributivos –aunque no hayan obtenido la sanción o el reconocimiento social explícito mediante certificaciones académicas– entre los miembros del público.

Determinadas áreas de la ciencia y la tecnología parecen, por lo demás, más propensas a estas situaciones en que se confrontan dos formas de experticia contributiva, siendo sólo una de ellas certificada y considerada como científica. Una de esas áreas es, sin duda, la de la medicina –como ya hemos apuntado indirectamente con el caso del SIDA. Distintos estudios sobre la comprensión pública de la ciencia médica han señalado el carácter altamente relevante del conocimiento etiológico de las enfermedades y de los tratamientos asociados que desarrollan, a menudo, los pacientes.

En un estudio sobre las enfermedades pulmonares de los mineros del sur de Gales, Bloor (2000) muestra como la relación entre el sindicato de los mineros de esta zona y la experticia científica sobre las enfermedades no puede describirse mediante los parámetros clásicos de la comprensión pública de la ciencia. En este trabajo se hace patente cómo los mineros aportaron evidencia empírica relevante para el tratamiento de las enfermedades pulmonares ligadas a la actividad

<sup>25</sup> Véase el capítulo 6.

en las mimas –principalmente asma, bronquitis y enfisema. Finalmente, sin embargo, y en contraste con lo ocurrido en Cumbria, la experticia contributiva de los mineros fue incorporada al acervo de conocimientos científicos sobre el tema. El conocimiento local de éstos devino, con el tiempo, ortodoxia científica.

Otro terreno particularmente abonado a la existencia de bolsas de experticia contributiva no certificada, es el de las denominadas tecnologías de uso público. En ámbitos como el de los ordenadores, los automóviles, las bicicletas, los sistemas operativos o los teléfonos móviles, los usuarios finales constituyen un gran porcentaje de la población. En estos casos, muchos miembros del público desarrollan, por el mero hecho de ser usuarios regulares de una tecnología específica, una experticia ciertamente contributiva que puede ser relevante para el diseño de los artefactos y dispositivos técnicos implicados.

De hecho existen determinadas situaciones en las que ese conocimiento experto de los usuarios interviene de forma significativa en el diseño de los artefactos. Algunas empresas de software, por ejemplo, consideran algunos de sus clientes más importantes como ‘expertos contributivos’ y les consultan a menudo antes de tomar determinadas decisiones técnicas. Los grupos de hackers constituyen, en ese sentido, ejemplos paradigmáticos de experticia contributiva entre el público –aunque las empresas e instituciones no se muestren tan abiertas a sus recomendaciones.

En realidad, gran parte de los estudios de caso constructivistas sobre la tecnología<sup>26</sup> muestran indirectamente cómo el público, en la forma de *grupos sociales relevantes*, puede influir claramente en la clausura de determinadas controversias tecnológicas públicas, favoreciendo algunas opciones de diseño y construcción o descartando otras. Estos grupos muestran, en algunos casos, una experticia contributiva relevante para establecer las funciones y las características técnicas de los artefactos tecnológicos.

Los estudios tratados a lo largo de esta sección proporcionan un nuevo ángulo bajo el que considerar la participación del público en las decisiones tecnológicas. Hemos visto que extender la participación del público puede implicar la ampliación, no sólo del conjunto de valores, intereses o consideraciones sociales o políticas que intervienen en este tipo de decisiones, sino el abanico de hechos relevantes.<sup>27</sup> La legitimidad exclusiva que tradicionalmente se asigna a los expertos científicos, desde el modelo tecnocrático, en los procesos de decisión tecnológica resulta, por lo tanto, doblemente problematizada. No sólo puede considerarse como ficticia la pretendida superioridad moral de los expertos certificados en las controversias públicas, sino que también resulta afectada su superioridad técnica.

La posibilidad de que sectores específicos del público –que pueden ser proporcionalmente enormes, como hemos visto– intervengan en las decisiones tecnológicas, no reside únicamente en un *derecho político* –una cuestión que aún no hemos tratado en este capítulo– sino, precisamente, en su *autoridad cognitiva* en

<sup>26</sup> Véanse, en esta misma obra, por ejemplo, los capítulos 9 y 10.

<sup>27</sup> Pellizoni (1999) ofrece una discusión de la literatura relevante al respecto.

áreas específicas.<sup>28</sup> Cualquier tratamiento normativo en este tipo de situaciones debe encaminarse, por lo tanto, a conseguir que se reconozca una dignidad similar a las distintas formas de experticia contributiva en una controversia (Funtowicz y Ravetz, 1993) y no sólo a reparar el déficit de conocimiento científico del público, mediante más aporte de información o mediante campañas de alfabetización científica.<sup>29</sup>

## LA JUSTIFICACIÓN POLÍTICA DE LA PARTICIPACIÓN

Aunque, como hemos dicho anteriormente, existe un acuerdo bastante generalizado, por lo menos entre los especialistas, sobre la idoneidad de fomentar la participación del público en las decisiones tecnológicas,<sup>30</sup> las diferencias aparecen cuando se trata de precisar en qué debe consistir tal participación, qué tipo de mecanismos debe hacerla posible, qué nivel de impacto debe conseguir o en qué momento debe tener lugar.

De hecho, estas diferencias se encuentran también presentes en el público mismo, como muestran algunos estudios realizados sobre la opinión de las personas involucradas en alguna experiencia de participación (Luton, 1995). En otras instancias es posible detectar, igualmente, una gran variabilidad respecto al significado y alcance de la "participación pública". Desde el mundo empresarial y desde las posiciones ultraliberales se afirma explícitamente, a veces, que el mercado constituye en sí mismo una forma de participación del público! Para muchos gobiernos y políticos el público ya participa suficientemente en este tipo de decisiones, de forma indirecta, ejerciendo cada cuatro o cinco años su derecho al voto y eligiendo a sus representantes políticos. En el ámbito de la comunicación se afirma a veces que la diversidad de medios y las interpelaciones que éstos pueden dirigir a los gobiernos y representantes de la industria, constituye, también una forma de participación efectiva del público. Los hay, por último, que sostienen que los sondeos de opinión, realizados por organismos estatales o independientes, son igualmente mecanismos indirectos de participación.<sup>31</sup>

Es evidente que, al menos entre los especialistas en ciencia, tecnología y sociedad, los argumentos en pro de la participación del público en las decisiones

<sup>28</sup> Sobre la diferencia entre derechos políticos y autoridad cognitiva, véase Collins y Evans (2002, 261).

<sup>29</sup> La necesidad de reconocer la experiencia contributiva del público puede relacionarse con el concepto de 'revisión por pares extendida' que es utilizado, a veces, en la literatura. Pellizoni (1999, 118) argumenta, en ese sentido, que las teorías de la modernización reflexiva son incompatibles con este precepto.

<sup>30</sup> Algunos autores, incluso, defienden la necesidad de involucrar al público en decisiones que tienen que ver con la ciencia básica: para determinar, por ejemplo, áreas prioritarias de investigación de acuerdo a diferentes intereses sociales. Véase Hirakawa (1999).

<sup>31</sup> En concreto en el capítulo 6.

tecnológicas, apuntan a procesos y procedimientos mucho más específicos y efectivos que los mencionados en el párrafo anterior. Básicamente, los procesos que se defienden en ese sentido son aquellos que implican la *inclusión* de miembros del público en los procedimientos de decisión y no, por lo tanto, los que únicamente utilizan la opinión del público como un mero recurso informativo más (Joss, 2002, 229); se trata, pues, de participación *efectiva* y no meramente testimonial. En este contexto, son numerosas las razones que se aducen para justificar este tipo de iniciativa y, a continuación, comentaremos algunas de las más relevantes.

Una primera justificación tiene que ver con el problema de la legitimidad que hemos tratado más arriba. En efecto, distintos autores, señalan que, dado que los expertos científicos son influenciables en sus decisiones –como mínimo en el seno de la ciencia regulativa– no hay ninguna razón para impedir que los valores, intereses o presiones que recibirán de todas formas, sean hechos explícitos y discutidos en foros públicos más amplios (Mitcham, 1997).

Otra justificación posible hace referencia al derecho que tienen las personas que van a ver afectadas sus vidas por una innovación tecnológica concreta, a participar de alguna forma en las decisiones implicadas. Los afectados por una decisión científica o tecnológica deberían tener alguna posibilidad de valorar las posibles consecuencias, tanto positivas como negativas, y poder hacer valer su opinión al respecto. Según la conocida formulación de Goldman (1992), “*no innovation without representation*”.

Una última justificación consiste en afirmar que las decisiones alcanzadas mediante participación pública son, simplemente, mejores. Por un lado, son más efectivas en cuanto que, por razones obvias, minimizan las posibilidades de rechazo social. Por otro, además, se trata de decisiones que incorporan más elementos de discusión o más puntos de vista para abordar los problemas involucrados. Es muy posible, por ello, que su adecuación técnica sea mayor y que los resultados acaben siendo más efectivos.<sup>32</sup>

## MECANISMOS DE PARTICIPACIÓN

A continuación haremos un breve repaso por algunas formas de participación del público en decisiones tecnológicas y científicas. Nos centraremos en las más importantes e incluiremos, también, las formas más “débiles” que únicamente promueven la consideración de la opinión del público pero no su participación efectiva en la toma de decisiones.<sup>33</sup>

<sup>32</sup> Mitcham 1997 ofrece un repaso más exhaustivo a este tipo de justificaciones. Para una revisión similar, complementada con una exposición de los argumentos tradicionales en contra de la participación del público, véase Rowe y Frewer (2000).

<sup>33</sup> Para esta sección utilizamos las valoraciones de las distintas formas de participación ofrecidas por López Cerezo *et al.* (1998), Rowe y Frewer (2000) y Davidsson *et al.* (1997).

La mayor parte de estos mecanismos de participación han sido utilizados en distintas ocasiones en diversos países y contextos. Algunos, incluso se han convertido en procedimientos rutinarios de uso regular<sup>34</sup>. La mayoría, sin embargo, no pasan de ser experimentos “sociales” –o quizás habría que decir “sociotécnicos”– que están aún muy lejos de cualquier forma de institucionalización y que, obviamente, han sido aplicados a un subconjunto ínfimo de las decisiones públicas en torno a la ciencia y la tecnología.

### LAS CONFERENCIAS DE CONSENSO<sup>35</sup>

Se trata de un mecanismo de participación en que un grupo de ciudadanos debe posicionarse sobre un tema controvertido en ciencia o tecnología, interrogando a los expertos que son propuestos por los representantes de los distintos grupos o instituciones enfrentadas en el conflicto. Tales interrogatorios suelen ser abiertos al público en general y las conclusiones se plasman en un informe final que se hace, también, público.

Normalmente el grupo de ciudadanos no supera las 15 personas y son elegidas por un comité independiente como representantes del público en general, y bajo la condición de no tener conocimientos previos especiales sobre el tema que se debate. Antes de empezar la conferencia se les informa convenientemente mediante charlas y documentación sobre las cuestiones más relevantes en juego.

Los puntos débiles de este tipo de procedimiento son que la representatividad de los participantes es relativamente baja y que la posibilidad efectiva de influir en la toma de decisiones final, aunque existe, no está normalmente garantizada. La transparencia de todo el proceso es, en cambio, muy grande y la independencia de los participantes alta.

Las conferencias de consenso han sido utilizadas preferentemente en Dinamarca, los Países Bajos y el Reino Unido, en temas como la polución ambiental o la irradiación de comestibles.

### Audiencias públicas<sup>36</sup>

Consisten en actos públicos de presentación, por parte de agencias o departamentos gubernamentales, de algún proyecto o iniciativa tecnológica que tengan intención de desarrollar o de alguna cuestión especialmente controvertida. Aunque el público presente en la sala puede, en ocasiones puntuales, manifestar sus

<sup>34</sup> El caso más importante en este sentido es el de las conferencias de consenso en países nórdicos como Dinamarca. Este mecanismo ha sido exportado, recientemente, a los EEUU. Véase al respecto Guston (1999).

<sup>35</sup> En inglés *cosensus conferences*.

<sup>36</sup> En inglés *public hearings* o *public inquiries*.

opiniones, los verdaderos protagonistas como participantes efectivos son los expertos científicos y los políticos que llevan a cabo las presentaciones.

Las audiencias públicas pueden durar semanas o meses y el público asistente suele estar compuesto por personas interesadas en el tema que se debate –su número está limitada por la capacidad del recinto en que tiene lugar la audiencia. Se trata de un procedimiento muy popular en los EEUU y en Australia.

Sus puntos débiles son la limitación previa de la discusión a las cuestiones que los redactores del programa –usualmente miembros de la administración– consideran relevantes u oportunas, la moderada transparencia del proceso –puesto que las decisiones importantes pueden haberse tomado previamente– y la baja representatividad del público involucrado. Su impacto final en la toma de decisiones no suele ser tampoco demasiado importante.

### Paneles ciudadanos<sup>37</sup>

Presentan una gran similitud con las conferencias de consenso. La diferencia fundamental es que los temas a tratar son de naturaleza más local y, consiguientemente, la representatividad del público se establece en referencia a un entorno geográfico más limitado. Las discusiones no suelen ser públicas y se espera que los ciudadanos –en un número no mayor de 20 personas–, elegidos por el comité de grupos interesados, emitan un dictamen sobre alguna cuestión específica.

Son procedimientos más largos –a menudo se desarrollan durante varios días–, tienen un impacto moderado sobre la toma de decisiones y la representatividad del público implicado es bastante limitada. Se han desarrollado con cierta profusión en los EEUU, en Alemania y en el Reino Unido.

### Grupos temáticos<sup>38</sup>

Son grupos de personas relativamente pequeños –de 5 a 12 miembros– seleccionadas para representar al público en general, de forma que para un mismo problema o proyecto pueden utilizarse muchos grupos distintos. A cada grupo se le pide que discuta libremente, durante un par de horas, sobre el tema en cuestión, con un mínimo de indicaciones iniciales por parte del organizador, y sus deliberaciones son grabadas normalmente mediante vídeo o magnetófono, para un análisis posterior. Normalmente, la institución u organismo que utiliza este método, lo hace para determinar la opinión y la actitud del público hacia algún proyecto o producto tecnológico. Se trata, a todas luces, de una forma de participación del público muy superficial y con poco impacto deliberado en las decisiones.

<sup>37</sup> En inglés *citizen's jury* o *citizen's panel*.

<sup>38</sup> En inglés *focus groups*.

## La gestión negociada<sup>39</sup>

Se trata de un procedimiento en el cual un comité de trabajo, en el que se hallan representados los diferentes grupos o instituciones con algún interés en el proyecto, debe discutir entre sí hasta alcanzar el consenso sobre alguna cuestión específica: usualmente relacionada con una normativa o intento de regulación pública sobre un producto. Normalmente, el comité está formado por un número muy pequeño de personas y puede incluir, de forma suplementaria, algún representante político.

El impacto en la toma de decisiones suele ser alto. El representante político, de hecho, suele adquirir el compromiso de considerar vinculante la decisión del comité de negociación, si ésta resulta ampliamente consensuada. Este tipo de comités suele gozar de una gran libertad para establecer su propia agenda y sus propias normas de funcionamiento.

## Referéndum

Como es sabido, son un mecanismo democrático tradicional, utilizado por los gobiernos para realizar consultas populares sobre cuestiones específicas. Pueden hacerse a escala nacional o en circunscripciones locales. El procedimiento de intervención es, obviamente, el voto y todos los participantes tienen la misma posibilidad de influencia. Normalmente, además, el votante debe inclinarse por una de dos opciones posibles y el resultado acostumbra a ser vinculante para el gobierno.

En Europa se han realizado diversos referéndums sobre cuestiones tecnocientíficas en los últimos años —por ejemplo, en Suiza sobre biotecnología y en Suecia sobre el tratamiento de residuos. Aunque son procedimientos con un impacto efectivo en la política, tienden a simplificar en exceso las cuestiones tratadas, reduciéndolas a polaridades básicas que suelen dejar de lado formulaciones alternativas de más complejidad.

## EVALUACIÓN CONSTRUCTIVA DE TECNOLOGÍAS

Los mecanismos de participación que hemos expuesto se hallan fuertemente emparentados con otro campo de análisis e intervención política y social sobre la tecnológica, que se ha desarrollado en las últimas décadas en la mayor parte de países industrializados: nos referimos a la denominada *evaluación de tecnologías*.<sup>40</sup> Aunque la ET engloba procedimientos de intervención más directamente

<sup>39</sup> En inglés *negotiated rule making*.

<sup>40</sup> En adelante ET. En el capítulo anterior hemos expuesto los orígenes históricos de la ET, así como una discusión de sus diferentes estilos.

vinculados a las instituciones políticas convencionales, también ha sufrido un proceso de transformación muy importante, desde mediados de la década de los ochenta. Dicho proceso puede caracterizarse por una tendencia creciente a abandonar los modelos tecnocráticos de decisiones, por modelos sociales que impliquen la utilización de métodos de participación del público.<sup>41</sup> En este sentido, una de las corrientes más innovadoras en el actual panorama de la ET es la conocida como *evaluación constructiva de tecnologías*.

La evaluación constructiva de tecnologías<sup>42</sup> nace en los Países Bajos, a mediados de los ochenta y, actualmente, ha adquirido un gran protagonismo en el funcionamiento de la oficina de ET de dicho país: la *Nederlandse Organisatie voor Technologisch Aspecten Onderzoek* (NOTA).

Frente a los modelos tradicionales de la ET, representados por la ya *desaparecida Office of Technology Assessment* de los EEUU, la ECT se centra menos en la *anticipación de impactos* de la tecnología, que en la posible *influencia* que pueda ejercerse en el desarrollo tecnológico, desde el ámbito social. La característica más importante de la ECT es, por lo tanto, la voluntad explícita de centrar los análisis en las fases de diseño y desarrollo de la tecnología y no, únicamente en los impactos que se produzcan durante la fase de difusión.

Obviamente, y frente a la ET estándar, parte del principio de que ello es posible. Se considera que la tecnología no sigue una lógica interna –autónoma– sino que, por el contrario, es el resultado de un complejo proceso de interacción entre elementos sociales, económicos, etc. El punto de partida de la ECT se sitúa, por lo tanto, no en la constatación de que la tecnología actual está fuera de control –y, consecuentemente, debe “ser controlada”–, sino en la idea de que las dinámicas actuales de control no son adecuadas y conducen, en demasiados casos, a resultados socialmente inaceptables.<sup>43</sup>

Los impactos de que trata la ECT son, por otro lado, más difusos que los característicos de la ET estándar. No se consideran únicamente las consecuencias medioambientales, sino que se incluyen también aspectos de seguridad, amabilidad con el usuario,<sup>44</sup> empleo y otros impactos sociales. En todo caso, y a diferencia de la ET ortodoxa, la ECT intenta dar cuenta de los impactos sociales de la aplicación de una tecnología cuando ésta aún se encuentra en sus fases iniciales de diseño y desarrollo.

Otra de las características importantes de la ECT consiste en interpretar el papel de la ET no de forma exclusivamente *negativa* respecto al desarrollo de la tecnología. Muy por el contrario, la consideración de las implicaciones y demandas sociales relacionadas con una tecnología dada, como elementos importantes para su diseño y difusión, es una condición indispensable para su éxito futuro. La intervención de diferentes “culturas políticas” en el diseño de una tecnología ha-

<sup>41</sup> Véanse al respecto Joss (2002) y Aibar y Díaz (1994).

<sup>42</sup> En adelante ECT.

<sup>43</sup> Véase Schot (1992).

<sup>44</sup> *User friendness*.

ce más probable que el desarrollo de la misma no conduzca a dinámicas insostenibles. La función de la ECT debe situarse en este contexto: la ECT quiere servir de *mediación* entre el diseño y construcción de la tecnología y los objetivos sociales relacionados. Para ello, según Slaa y Tuininga (1989), la ECT debe llevar a cabo tres tareas fundamentales:

1. Evaluación de los posibles impactos según los distintos grupos sociales relevantes.
2. Recoger las posibles soluciones, tanto técnicas como organizativas, a los aspectos problemáticos de la tecnología.
3. Proporcionar procedimientos para conseguir una retroalimentación óptima entre las diversas interpretaciones sociales y el diseño tecnológico.

Uno de los objetivos prioritarios de la ECT es la ampliación de los procesos de diseño e implementación de la tecnología. Dicho de otro modo, se intenta promover la *socialización* de la toma de decisiones en temas tecnológicos. Por otro lado, y frente a la ET ortodoxa, la ECT no considera el papel regulador de los gobiernos como el único instrumento para intervenir en el desarrollo tecnológico. Se parte de la constatación de que los gobiernos tienen un control bastante limitado sobre el cambio tecnológico.<sup>45</sup>

## CONCLUSIONES

Aunque la proliferación actual de mecanismos innovadores de participación del público en decisiones científico-tecnológicas, parece haber promovido entre muchos investigadores una valoración optimista de las expectativas de intervención social a medio plazo, es necesario resaltar que la mayor parte de estas experiencias han tenido hasta el momento un impacto relativamente débil en el desarrollo de la ciencia y la tecnología contemporáneas. Muchas de estas iniciativas se construyen más como instrumentos de legitimación social de las decisiones, que como procesos abiertos destinados a producir resultados verdaderamente innovadores.

De hecho, los autores más realistas cifran más el éxito de tales procesos en sus logros indirectos que en los directos. Para Luton (1995), por ejemplo, los aspectos procedimentales de la experiencia concreta de participación que analiza, dieron más satisfacción a sus usuarios que las cuestiones sustantivas que se intentaron resolver. En un análisis de las conferencias de consenso, Mayer y Geurts (1998) concluyen, por su parte, que éstas resultan más efectivas como medio de educación social que como modo de consulta efectivo para la toma de decisiones política.

<sup>45</sup> Un análisis más detallado de esta cuestión se pueden encontrar en Smits y Leyten (1988).

A pesar de todo, las ventajas de este tipo de mecanismos resultan evidentes para muchos investigadores. En sintonía con las directrices de la evaluación constructiva de tecnologías, es posible afirmar que el objetivo prioritario o único, de los procesos de participación, no debe ser necesariamente el consenso. Las controversias pueden ser inherentemente útiles puesto que pueden ayudar a desestabilizar las redes tradicionales de conocimiento en ciencia y tecnología y ayudar, de esta forma, a crear nuevas redes sobre presupuestos distintos.<sup>46</sup> En la medida en que los procesos de discusión plantean nuevas cuestiones y sacan a relucir las incertidumbres del conocimiento certificado, pueden ayudar también a integrar en los procesos de decisión formas de experticia contributiva no certificada (Collins y Evans, 2002, 279).

Además de reconocer formas locales de conocimiento experto, la participación del público puede hacer que los debates sean mucho más exhaustivos, que se examinen más seriamente las diversas alternativas posibles y que los presupuestos valorativos o políticos sean tratados de forma explícita y no subrepticamente. Igualmente, la exposición de las decisiones a una pluralidad de puntos de vista y a diferentes marcos teóricos puede reducir considerablemente la posibilidad de consecuencias imprevistas de una tecnología (Wurth, 1992, 291). En resumen, la participación del público no sólo puede facilitar un consenso más estable, sino que puede mejorar significativamente la calidad técnica de las decisiones tomadas.

Para que este tipo de efectos se produzcan, se requiere, sin embargo, una perspectiva distinta a la que tradicionalmente ha impregnado los procesos de decisión de corte tecnocrático. Por un lado, es necesario admitir que, en el seno de las controversias científico-tecnológicas que continuamente nos asaltan, puede haber problemas que no sean solucionables mediante experticia científica. En ciertos casos, es legítimo que ciertos grupos se nieguen a considerar algunos problemas como técnicos o científicos.

Durante mucho tiempo, por ejemplo, la cuestión de la energía fue considerada un problema de orden fundamentalmente técnico. Durante los años setenta, sin embargo, los grupos ecologistas mostraron que, a pesar de la insistencia de la industria y de las autoridades gubernamentales, conceptos clave como el de 'demanda energética' no debían ser considerados como técnicos, puesto que en realidad ocultaban decisiones previas de orden político y social de primera magnitud, que podían ser cuestionadas al margen de la experticia científica (Hager, 1993, 50).

Por último, de la misma manera que no existen actores o instituciones sociales privilegiadas a la hora de ejercer control sobre los desarrollos tecnológicos, tampoco existen momentos o períodos especialmente indicados para ello. La intervención social y política en la tecnología puede ejercerse en cualquiera de sus fases y no debería limitarse *a priori* a la evaluación de prototipos o de tecnologías listas para el consumo.

<sup>46</sup> Broncano (2000, 280 ss.) destaca igualmente el papel inherentemente positivo de las controversias tecnológicas públicas, al considerarlas "bienes públicos" y "formas maduras de desarrollo democrático".

En cualquier caso, el tema de la participación del público en las decisiones tecnológicas constituye aún una cuestión doblemente abierta. Por un lado, el problema de la extensión al que va asociado, no está ni mucho menos resuelto. En realidad, dicho problema pone de manifiesto una tensión, si cabe aún más profunda, de la propia modernidad: la que existe entre lo político y lo cognitivo (o entre la representación de los seres humanos y la representación de las cosas).<sup>47</sup> Por otro, queda por ver en qué medida es legítimo plantear el problema de la participación de espaldas a la crisis global de lo político en que vivimos.

<sup>47</sup> Hago una referencia obvia a la discusión que plantea Bruno Latour (2001) en el último capítulo de su obra.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aibar, E. y Díaz, S.A. (1994): "Dos décadas de Evaluación de Tecnologías: del enfoque tecnocrático al diseño social". *SISTEMA*, n. 123 (nov.). Pp. 95-113.
- Bijker, W.E. (1995): *On Bicycles, bakelite, and Bulbs. Elements for a Theory of SocioTechnical Change*. Cambridge, MA. MIT Press.
- Bloor, Michael (2000): "The South Wales Miners Federation, Miners' Lung and the Instrumental Use of Expertise, 1900-1950". *Social Studies of Science*, vol. 30, n. 1. Pp. 125-140.
- Castells, M. (2002): *La galáxia Internet. Reflexiones sobre Internet, empresa y sociedad*. Barcelona. Plaza y Janés.
- Collins, H.M. y R. Evans (2002): "The Third Wave of Science Studies: Studies of Expertise and Experience". *Social Studies of Science*, vol. 32, n. 2. Pp. 235-296.
- Davidson, A., I. Barns y R. Schibecchi (1997): "Problematic Publics: A Critical Review of Surveys of Public Attitudes to Biotechnology". *Science, Technology and Human Values*, vol. 22, n.3. Pp. 317-348.
- Epstein, Steven (1995): "The Construction of Lay Expertise: AIDS Activism and the Forging of Credibility in the Reform of Clinical Trials". *Science, Technology and Human Values*, vol. 20, n. 4. Pp. 408-437.
- Frewer, Lynn (1999): "Risk Perception, Social Trust, and Public Participation in Strategic Decision Making: Implications for Emerging Technologies". *Ambio*, vol. 28, n. 6. Pp. 569-570.
- Funtowicz, S.O. y J.R. Ravetz (1993): "Sciences in the Post-Normal Age". *Futures*, vol. 25, n. 7. Pp. 739-755.
- Giddens, Anthony (1996): *Consecuencias de la modernidad*. Madrid: Alianza.
- Goldman, Steve L (1992): "No innovation without representation: Technological action in a democratic society". En: S.H. Cutcliffe *et al.* (eds.). *New Worlds, New Technologies, New Issues*. Bethelam, PA. Lehigh University Press. Pp. 148-160.
- Guston, David H (1999): "Evaluating the First U.S. Consensus Conference: The Impact of the Citizens' Panel on Telecommunications and the Future of Democracy". *Science, Technology and Human Values*, vol. 24, n. 4. Pp. 451-482.

- Hager, Carol (1993): "Citizen Movements and Technological Policymaking in Germany". *The Annals of the American Academy of Political and Social Science*, n. 528. Pp. 42-55.
- Hirakawa, Hideyuki (1999): "Social Epistemology as Risk Management of Technoscience: the Rationale and a Model of Democratization of Science". *Social Epistemology*, vol. 13, n.3/4. Pp. 257-261.
- Joss, Simon (2002): "Toward the Public Sphere – Reflections on the Development of Participatory Technology Assessment". *Bulletin of Science, Technology and Society*, vol. 22, n.3. Pp. 220-231.
- Iatour, B. (2001): *La esperanza de Pandora*. Barcelona. Gedisa.
- López Cerezo, José A., José A. Méndez Sanz y Oliver Todt (1998): "Participación Pública en Política Tecnológica. Problemas y perspectivas". *ARBOR*, CLIX, n. 627. Pp. 279-308.
- Luton, Larry S. (1995): "Citizen Participation in Solid Waste Policymaking: A Case Study of the Spokane Experience". *International Journal of Public Administration*, vol. 18., n. 4. Pp. 613-637.
- Mayer, Igor y Jac Geurts (1998): "Consensus Conferences as Participatory Policy Analysis: A Methodological Contribution to the Social Management of Technology". En: P. Wheale, R. von Schomberg y P. Glasner (eds). *The Social Management of Genetic Engineering*. Aldershot. Ashgate. Pp. 279-301.
- Mitcham, Carl (1997): "Justifying Public Participation in Technical Decision Making". *IEEE Technology and Society Magazine*, n. primavera. Pp. 40-46.
- Pellizoni, Luigi (1999): "Reflexive Modernization and Beyond: Knowledge and Value in the Politics of Environment and Technology". *Theory, Culture and Society*, vol. 16, n. 4. Pp. 99-125.
- Rowe, Gene y Lynn J. Frewer (2000): "Public Participation Methods: A Framework for Evaluation". *Science, Technology and Human Values*, vol. 25, n. 1. Pp. 3-29.
- Schot, Johan W. (1992): "Constructive Technology Assessment and Technology Dynamics: The Case of Clean Technologies". *Science, Technology and Human Values*, Vol. 17, No. 1. Pp. 36-56.
- Slaa, P. y E.J. Tuininga (1989): "Constructing Technology with Technology Assessment". En: Quintanilla, M.A. (ed.). *Evaluación parlamentaria de las opciones científicas y tecnológicas*. Madrid. Centro de Estudios Constitucionales.
- Smits, R.E.H.M. y A.J.M. Leyten (1988): "Key Issues in the Institutionalization of Technology Assessment. Development of technology assessment in five European countries and the USA". *Futures* (febrero). Pp. 19-36.
- Wurth Jr., Albert H. (1992): "Public Participation in Technological Decisions: A New Model". *Bulletin of Science Technology and Society*, vol. 12. Pp. 289-293.
- Wynne, Brian (1996): "May the Sheep Safely Graze? A Reflexive View on the Expert-Lay Knowledge Divide". En: S. Lash, B. Szerszynski y B. Wynne (eds.). *Risk, Environment and Modernity*. Londres. Sage. Pp. 44-83.
- Yearley, Steven. 1999. "Computer Models and the Public's Understanding of Science: A Case-Study Analysis". *Social Studies of Science*, vol. 29, n. 6. Pp. 845-866.

## CAPÍTULO IX

# El Plan Delta: una controversia tecnológica a escala nacional<sup>1</sup>

*Eduard Aibar*

### VIVIR BAJO EL NIVEL DEL MAR

Si es cierto que la historia ha asociado a veces determinadas tecnologías a ciertos países o naciones, el vínculo existente entre los diques y los Países Bajos representa, quizás, el caso más extremo posible. Aproximadamente 10 millones de holandeses<sup>2</sup>, es decir, un 60 % de la población, viven bajo el nivel del mar. Sus casas y ciudades están situadas en *polders* de distinto tamaño, que no son más que terrenos ganados al mar mediante técnicas que se han desarrollado a lo largo de miles de años y que han alcanzado en la actualidad niveles de sofisticación sorprendentes. La terminación *dam* (dique) presente en el nombre de algunas ciu-

<sup>1</sup> Este capítulo recoge algunos de los resultados de un proyecto de investigación dirigido por el prof. Wiebe E. Bijker, en el Dpto. de Estudios Sociales de la Tecnología de la Universidad de Maastricht y en el Maastricht Economic Research Institute on Innovation and Technology (MERIT), en el que el autor colaboró durante 1992 y 1993.

<sup>2</sup> Utilizaré el gentilicio 'holandés' como sinónimo de 'neerlandés' por seguir la costumbre habitual, aunque Holanda agrupa, en sentido estricto, a sólo dos de las naciones o regiones (Holanda del Norte y Holanda del Sur) de las doce que conforman los Países Ba-

dades holandesas hace referencia a la presencia de este tipo de construcciones: Amsterdam, Rotterdam, Volendam, etc.

Un cuarto de la superficie total del país se encuentra, de hecho, bajo el nivel del mar. El aeropuerto internacional de Schipol, por ejemplo, uno de los mayores del mundo, está situado precisamente sobre un gran polder –algo que pasa inadvertido para la mayor parte de viajeros. Incluso existe un organismo estatal del más alto nivel, una especie de Ministerio del Agua, encargado de velar por el mantenimiento de todo el sistema de diques, polders y canales: el Rijkswaterstaat. La magnitud de este organismo y el poder político que se le otorga son tan grandes que a menudo se le considera “un estado dentro del estado”.<sup>3</sup>

La técnica básica para recuperar un terreno bajo el nivel del mar consiste en levantar un dique que separe la extensión a utilizar, dragar el fondo y drenar el agua cercada, seguidamente, hasta obtener un terreno seco propicio para la agricultura y la vida humana. En realidad, el proceso es mucho más complejo e implica dificultades muy serias que los holandeses han tenido que resolver a lo largo de su historia. Sin ir más lejos, el agua pluvial, las aguas subterráneas y las procedentes de los grandes y caudalosos ríos europeos que desembocan en los Países Bajos –en especial el Rin y el Mosa–, tienden a filtrarse constantemente a través de los diques y se hace necesario bombearlas continuamente para mantener secos los polders. Los clásicos molinos de viento que solemos asociar al paisaje holandés no estaban destinados a moler grano, sino que en su mayoría se ocupaban de drenar el agua filtrada en los polders –una tarea que actualmente se lleva a cabo mediante dispositivos y fuentes de energía más modernas.

Una complicación añadida nace de la simple proliferación de polders. Al problema de construirlos y mantenerlos se añade el de hacerlos compatibles con otra serie de elementos, igualmente indispensables para la subsistencia humana en un entorno como el holandés: canales para transportar agua dulce para regar los cultivos, carreteras y caminos, canales para el transporte fluvial, esclusas para salvar las diferencias de nivel en el agua, etc. En Holanda, por cierto, es habitual viajar en automóvil y observar, a poca distancia junto a la carretera, un barco que navega algunos metros por encima de nuestras cabezas o de los tejados de las casas cercanas, puesto que el canal por el que circula está a más altura que nuestra carretera, situada probablemente sobre un polder más deprimido.

Hablar de *impactos sociales de la tecnología* para describir la situación que se produce en los Países Bajos resulta, como mínimo, insuficiente. Más que tener un impacto en la sociedad neerlandesa, la tecnología es, simplemente, lo que la ha-

jos (*Nederland*): Drenthe, Flevoland, Friesland, Gelderland, Groningen, Limburg, Noord-Brabant, Overijssel y Utrecht. Algunas de estas naciones, como Friesland, conservan idiomas propios, distintos al holandés. Igualmente, utilizaré el topónimo ‘Holanda’, siguiendo esa misma costumbre como sinónimo de ‘Países Bajos’.

<sup>3</sup> Véase, por ejemplo, Van Meurs (1993). El Rijkswaterstaat se fundó a finales del siglo XVIII tomando como modelo el Corps des Ponts et Chaussées del estado francés.

*ce posible*. En cierto modo, el país entero –o, al menos, una buena parte del mismo– debe, tanto su existencia como su subsistencia, a las técnicas de dragado, drenaje y recuperación de terrenos. En un sentido literal, los Países Bajos son un producto artificial: un artefacto tecnológico. Como les gusta decir a sus habitantes “Dios creo el mundo y los holandeses Holanda”. Si no fuera por la técnica de construcción de diques, el viaje por mar desde Gran Bretaña hacia el viejo continente culminaría en la costa alemana y no en la holandesa.

Los principales depositarios de los conocimientos técnicos necesarios para mantener el sistema de diques y desarrollar soluciones a los nuevos problemas que se plantean son los ingenieros hidráulicos y los ingenieros de costas. Es difícil hacerse una idea de lo que estos expertos –formados casi exclusivamente en la Universidad de Delf– representan en la sociedad holandesa. En cierto sentido son considerados casi como héroes nacionales –aunque en el estudio de caso que vamos a exponer veremos cómo su popularidad ha atravesado períodos de crisis profunda en las últimas décadas. No sólo contribuyen a mantener a salvo el país, sino que desde hace siglos han representado una fuente de divisas nada despreciable para las arcas nacionales: efectivamente, los Países Bajos han exportado sus conocimientos de ingeniería hidráulica a la práctica totalidad del planeta desde hace mucho tiempo<sup>4</sup> y, no hace falta decirlo, se sienten orgullosos de ello. Incluso una ciudad mediterránea como Barcelona, por extraño que nos pueda parecer, debe parte de su fisonomía actual a esa tradición ingenieril foránea: uno de sus barrios más característicos, la Barceloneta, tradicional lugar de residencia de los pescadores de la ciudad, fue creado durante la segunda mitad del siglo XVIII, recuperando tierras al mar, gracias a un proyecto codirigido por un ingeniero militar flamenco llamado Prosper Verboom (Hughes, 1992: 192).

## LA MAGNITUD DE LA TRAGEDIA

Desgraciadamente para los holandeses los diques se desgastan continuamente y, a veces, se rompen. De hecho, tan o más importante que su construcción es su mantenimiento. Siempre hay que estar atentos a las grietas, deformaciones u otros desperfectos que se puedan producir para intentar repararlos lo antes posible y prevenir accidentes o, incluso, grandes catástrofes. La historia hidráulica del país cuenta, de hecho, con un cierto número de catástrofes –algunas de las cuales han quedado profundamente arraigadas en el imaginario cultural del país– que ocasionaron gran cantidad de víctimas humanas y de pérdidas económicas, en bienes inmuebles y tierras de cultivo. Prácticamente desde el siglo X, cuando se extiende la construcción de diques, no ha pasado siglo sin que se produjeran grandes inundaciones. La mayor parte de estas inundaciones son ocasionadas por

<sup>4</sup> Algunos holandeses me comentaban irónicamente que su país exportaba básicamente dos tipos de profesionales: ingenieros de costas y futbolistas (o entrenadores de fútbol).

el derrumbamiento o fractura de diques marinos: aquellos que protegen una zona de la costa o un polder, de la acción directa de mar.<sup>5</sup>

La última de esas catástrofes y, sin duda, la más terrible, tuvo lugar una noche de febrero de 1953. Los diques se rompieron en 89 puntos distintos, perecieron 1.835 personas, hubo 750.000 afectados que perdieron casas y tierras y se inundaron aproximadamente 1.700 km<sup>2</sup> de territorio holandés –casi un 8% de la superficie total del país.<sup>6</sup> Una extraordinaria coincidencia hizo que durante aquella noche se sumaran los efectos de la pleamar en una marea de equinoccio –las más notables en el ciclo anual<sup>7</sup>– y los de una fenomenal tormenta en el mar del Norte, con vientos huracanados de fuerza 12 en la escala de Beaufort, que empujaban las aguas hacia el estrecho embudo que constituye el canal de la Mancha: el resultado fue que frente a la costa holandesa el nivel del mar superó hasta 5 metros el habitual. El agua comenzó a sobrepasar muchos de los diques, erosionando su pared interna y causando, con el paso de las horas, enorme brechas por las que el mar invadió el continente.

La catástrofe afectó principalmente a la región de Zeeland<sup>8</sup>, la zona más meridional de la costa holandesa, formada por el estuario del Rin y el Mosa y caracterizada por grandes lenguas de mar que se adentran en el interior del país. Sólo una combinación de extrema fortuna y de reacción rápida por parte de los habitantes impidió que la inundación alcanzase una magnitud mucho mayor.<sup>9</sup>

Efectivamente, la mañana del domingo del 1 de febrero de 1953 la radio alertaba al país entero: “Muchos diques se han roto. Todos los soldados de permiso deben incorporarse inmediatamente a sus cuarteles. El peligro es especialmente grande en Ouderkerk. Existe una gran brecha en Ouderkerk”<sup>10</sup>. El dique del río Rin en Ouderkerk constituía una protección crucial para la región más poblada y más baja del país, formada por ciudades como Amsterdam, Rotterdam, Delf o La Haya y denominada Randstad. Una pequeña embarcación que navegaba por el río aquella mañana, fue casualmente empujada por la corriente y se situó milagrosamente frente a la brecha del dique que, en aquel momento, medía ya unos siete metros. Inmediatamente, un grupo de civiles y soldados, aprovechando la protección que les prestaba la barca, pudieron tapar la brecha con sacos de arena y pequeños bloques de hormigón. Si la brecha no hubiera sido reparada a

<sup>5</sup> Desde 1200 ha habido unas 130 inundaciones marinas –sin contar los centenares de inundaciones causadas por el desbordamiento de ríos.

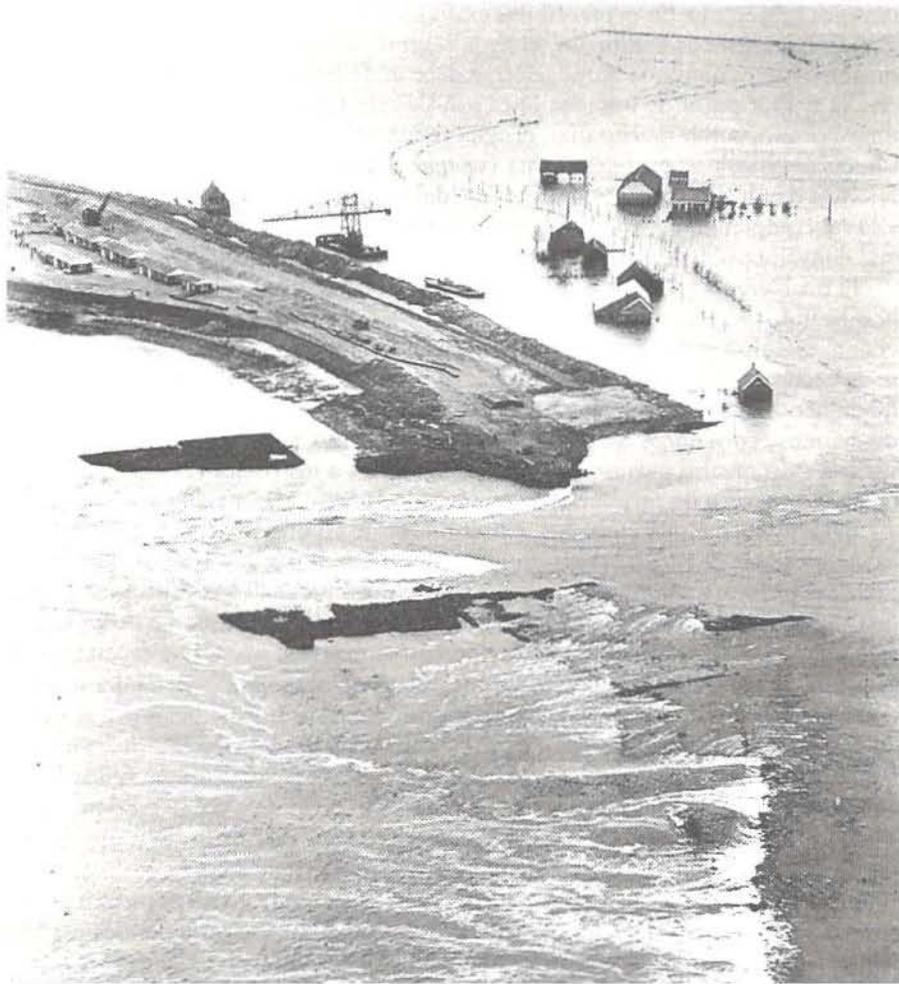
<sup>6</sup> Aunque la inundación de 1825 afectó un área dos veces mayor, no tuvo un número de víctimas humanas tan grande.

<sup>7</sup> En una marea de equinoccio se refuerzan mutuamente la gravedad producida por la luna y por el sol.

<sup>8</sup> *Zelanda* en castellano.

<sup>9</sup> Las imágenes de la catástrofe son particularmente estremecedoras y existen numerosas publicaciones al respecto que las incluyen con profusión. Véanse, por ejemplo, *Nederlands Booksellers* (1953) y *Provinciale Zeeuwsche* (1957).

<sup>10</sup> Citado en Van Veen (1962, 170).



*Brecha en un dique durante la catástrofe de 1953*

tiempo, una de las zonas más pobladas del país –y, por cierto, del planeta– se habría visto expuesta a una casi segura inundación de consecuencias terroríficas.<sup>11</sup>

Cuando se produce una inundación por agua marina en un punto del litoral, bien porque el agua rompa un dique o una pared de protección, o porque gran-

<sup>11</sup> El episodio de Ouderkerk fue calificado por algunos de 'suerte inmerecida', puesto que algunos ingenieros habían llamado reiteradamente la atención, antes de la catástrofe, sobre el peligroso estado de muchos de los antiguos diques –algunos construidos en 1210.

des olas sobrepasen las protecciones existentes, lo normal es que después de ocasionar los destrozos habituales, el agua regrese al mar al cabo de un tiempo. Lo mismo ocurre cuando la inundación se debe al desbordamiento de un río —de hecho la mayor parte de inundaciones son de este tipo: normalmente, al cabo de unas horas o, como mucho días, el agua regresa al cauce del río. En los Países Bajos, en cambio, no ocurre eso. Una vez que el agua salada invade la tierra, la diferencia de nivel respecto a la superficie del mar, hace que ésta se quede. Las olas y la sal completan, entonces, la tarca de destrucción. Si el agua es de origen fluvial e invade polders es muy probable que ocurra algo parecido.

El problema, entonces, es que la dificultad de recuperar el terreno inundado, bombeando el agua, desalinizando la tierra y reconstruyendo los diques dañados, es comparable a la de construir un nuevo polder. En términos económicos, el coste de recuperar las zonas más difíciles del terreno inundado en 1953 era aproximadamente cinco veces mayor que el precio ordinario de la tierra. Si las consideraciones económicas hubieran sido las prioritarias para el gobierno holandés, ¡habría sido mucho más rentable comprar tierras a los países vecinos que invertir en el proyecto de recuperar las zonas inundadas!

Evidentemente, sin embargo, existe un fuerte componente simbólico que llega a un segundo plano las cuestiones económicas. En los Países Bajos, la tecnología hidráulica y el complejo sistema de diques y canales constituyen un elemento básico de la identidad nacional. A lo largo de los siglos se ha desarrollado una particular retórica sobre la relación con el mar y el agua, que resulta omnipresente en la cultura holandesa. La naturaleza de esa relación se ha definido en términos *quasi* militares. Así, se habla continuamente de “lucha contra el mar”, de “defensas frente al mar”, de “batallas contra las inundaciones”, de “ataques” y “contraataques”, de “perder o ganar terreno al mar”, de “vulnerabilidad”, de “aniquilación”, de “conquista y reconquista”, de “cruzada”, del mar como “oponente” o “enemigo”, etc. Este tipo de lenguaje épico está presente tanto en discursos mediáticos como en contextos técnicos o especializados.<sup>12</sup>

Otro factor que complica enormemente la situación tras una inundación es la acción de las mareas. Cuando el agua salada inunda territorio holandés por debajo del nivel de mar, no permanece quieta: cada seis horas los ciclos de la marea hacen que una gran cantidad de agua entre y salga a través de las brechas en los diques. Las corrientes que se forman, ciertamente impresionantes si la zona inundada es grande, erosionan continuamente las paredes del dique roto y el suelo situado entre ambos lados de la brecha. Cada día que pasa el agujero se hace mayor, tanto en amplitud como en profundidad. La mayor brecha en la inundación de 1953, medía el día después de la catástrofe 100 m de largo y 15 de profundidad; a los pocos meses había alcanzado los 200 m de largo y unos 20 m de profundidad.

Este fenómeno hace que el tiempo sea un factor clave en la reparación de los diques. Si los diques dañados en febrero de 1953 no hubieran sido reparados an-

<sup>12</sup> La obra de Van Veen (1962) constituye un ejemplo paradigmático en ese sentido.

tes del próximo invierno, cuando las mareas más importantes tienen lugar, el proceso habría sido irreversible. De hecho se tardó casi un año en tajar las 89 brechas exteriores:<sup>13</sup> la última se reparó en noviembre de 1953. Cabe decir que, globalmente, en los últimos siglos se ha perdido más territorio del que se ha ganado al mar: no siempre ha sido posible recuperar los terrenos inundados.

El tiempo es también un elemento crucial a escala más pequeña. Para tajar una brecha en un dique expuesto a las mareas hay que aprovechar los pocos minutos entre la pleamar y la bajamar cuando la corriente es nula. Como la corriente es tanto más fuerte cuanto más pequeña la brecha, el relleno del último tramo del dique es el más difícil y requiere una gran coordinación, precisión y celeridad por parte de todos los implicados.

## EL PLAN DELTA

Tras la catástrofe de 1953 el país entero retomó una discusión a diferentes niveles sobre lo que debía hacerse respecto al inevitable deterioro de los diques. De hecho, algunos ingenieros de costas habían llamado la atención, antes de la catástrofe, sobre el preocupante estado de muchos de los diques en la zona de Zeeland. La cuestión básica era si la estructura existente de diques debía reforzarse, haciendo los diques más resistentes y de más altura, o si debían buscarse soluciones más radicales. Tan sólo 18 días después de la catástrofe, el gobierno encargó a un grupo de expertos que estudiase la situación y poco después de obtener su informe final, desechó la alternativa incremental<sup>14</sup> y optó por la solución radical: cerrar mediante gigantescos diques las grandes lenguas de mar que se adentraban en la región de Zeeland.

El proyecto, que se denominó Plan Delta, fue aprobado por el parlamento en 1957 con sólo una abstención –después de que los trabajos ya hubieran comenzado de forma extraoficial– y acabó convirtiéndose en ley. El Plan Delta implicaba el cierre de las lenguas de mar del gran estuario del Rin y el Mosa, a excepción de la más septentrional, el Waterweg (que conecta el puerto de Rotterdam con el mar), y la más meridional, el Westerschelde (que enlaza con el mar el puerto belga de Amberes). De esta forma la línea de defensa frente al mar pasaba de unos 1000 km de viejos diques, a poco más de 30 km de barreras y diques de última generación. Las cuatro obras principales del plan serían tres enormes diques en los tres grandes estuarios –el Haringvliet, el Brouwerhavense Gat y el Oosterschelde<sup>15</sup>– y una gran esclusa para dejar salir al mar las aguas del Rin y el Mosa.

<sup>13</sup> Es decir, brechas en diques exteriores, en contacto con el mar y bajo el efecto directo de las mareas. Durante la catástrofe de 1953 se produjeron más de 500 roturas en los diques interiores que, aunque no tan peligrosas, debieron ser reparadas también.

<sup>14</sup> Sobre la distinción entre innovaciones tecnológicas *incrementales* y *radicales*, véase el capítulo 2 de esta obra.

<sup>15</sup> Aunque a veces he visto traducido este topónimo al castellano como ‘Escalda Oriental’ he preferido mantener la expresión neerlandesa.

En realidad se trataba de una vieja aspiración de los ingenieros de costas holandeses. Ya en 1667, Heindrik Stevin, una figura mítica en la ingeniería holandesa había escrito sobre la necesidad de deshacerse, de una vez por todas, de “la furia y el veneno (las mareas y la sal) del Mar del Norte”. En su opinión, tarde o temprano, alguna generación futura habría de acometer la tarea de cerrar la costa holandesa “construyendo diques de isla a isla”<sup>16</sup>. Y de hecho, la generación de ingenieros de entreguerras había iniciado en 1929 un estudio general sobre los estuarios de Zeeland, orientado a diseñar una solución definitiva al problema. El estudio intentó determinar la dinámica exacta de las corrientes de marea que se producían en la zona. Los cálculos necesarios para ello estaban, sin duda, entre los más complejos imaginables en la época: cada uno de los 500 cálculos necesarios para una sola corriente requería la solución de unas 50 ecuaciones diferenciales.<sup>17</sup>

En cualquier caso, la magnitud y naturaleza del proyecto no tenían precedentes en la historia hidráulica holandesa. Sólo el cierre del Zuiderzee en 1932, mediante un largo dique que había creado el actual lago de IJssel, había tenido un nivel de complejidad técnica comparable, aunque sólo a las primeras fases, es decir, las más sencillas, del Plan Delta. De hecho, el proyecto tenía una serie de implicaciones tremendamente importantes en distintos órdenes que lo convertían en una empresa singular bajo cualquier prisma.

En primer lugar, el Plan Delta convertiría las lenguas de mar de Zeeland en enormes lagos artificiales de agua dulce. Al impedir la entrada del agua de mar, los diques proyectados transformaban el estuario en un gran repositorio de aguas fluviales. Por un lado, ello daría al traste con las actividades pesqueras que se desarrollaban en la zona desde tiempos inmemoriales –básicamente, criaderos de ostras y mejillones– aprovechando los niveles tan especiales de salinidad que se daban con la mezcla constante de agua marina y agua dulce; por otro, las especiales condiciones ecológicas de la zona se verían seriamente afectadas por el proyecto y supondrían daños irreparables en la rica variedad de especies animales y vegetales que poblaban el estuario.

Por aquel entonces, sin embargo, los efectos del proyecto sobre el ecosistema de la zona no se conocían con exactitud y, lo que es más importante, la protección del medioambiente no era considerada un requisito fundamental para este tipo de obras hidráulicas. La seguridad representaba, en cambio, el valor prioritario para todos (Bijker, 1994). En ese sentido, el proyecto iba a ser construido con un estándar de seguridad más exigente que cualquier obra hidráulica anterior: la altura de los diques proyectados alcanzaría los 5 m por encima del nivel medio del mar: el denominado *nivel Delta*. De esta forma, la probabilidad de

<sup>16</sup> Citado en Van Veen (1962, 178)

<sup>17</sup> Para realizar predicciones matemáticas de los efectos de la marea para el cierre del Zuiderzee, ya se había pedido ayuda al premio Nobel de física H.A. Lorentz. Véase Dendermonde y Dibbits (1954). Después de la Segunda Guerra Mundial, los cálculos sobre la marea comenzaron a realizarse mediante ordenadores electrónicos.

inundación se estimaba en tan sólo una vez cada 10.000 años –para los diques marítimos en los estuarios la cifra era de una vez cada 4.000 años.

La desaparición de las actividades pesqueras, consecuencia de la desalinización del agua, tampoco se consideró particularmente preocupante. En parte debido a que la agricultura, en cambio, se vería especialmente favorecida por la mayor disponibilidad de agua dulce y, en parte, porque se preveía construir carreteras sobre los nuevos diques que facilitarían enormemente las comunicaciones terrestres en la región, con el consiguiente beneficio para la gran mayoría de actividades productivas.

La organización del sistema de diques y canales también se vería seriamente afectada por el plan Delta. Desde hacía casi 2000 años el control y supervisión del sistema se ejercía de forma descentralizada, mediante las distintas Oficinas del Agua: organismos públicos locales encargados de los sistemas de irrigación, drenaje, purificación del agua y mantenimiento de los canales y diques de su zona. El Plan Delta preveía, en cambio, que el control del nuevo sistema se llevaría a cabo de forma centralizada, desde el Rijkswaterstaat.

De hecho, tras el desastre de 1953, el Rijkswaterstaat había apuntado al sistema de control descentralizado y a la autonomía de las oficinas del agua, como una de las causas del mal estado de algunos de los diques. Una opinión diferente, aunque minoritaria entonces, consideraba que precisamente el sistema descentralizado había proporcionado los conocimientos, habilidades, tecnología y capacidad de respuesta inmediatos necesarios para reparar los diques en un corto espacio de tiempo, evitando una desgracia aún mayor: la cooperación entre las oficinas de agua locales y el ejército había conseguido cerrar la mayoría de las brechas en sólo dos días. En cualquier caso, por aquel entonces la fe generalizada en el Rijkswaterstaat y la convicción casi unánime de que el Plan Delta era a todas luces necesario para evitar nuevas inundaciones, impidieron que este asunto se convirtiera en polémico (Bijker, 1994).

Por otro lado, el proyecto resultaba particularmente peculiar porque requería conocimientos y técnicas inexistentes en el momento de su aprobación. Dicho de otro modo, no sólo no se sabía entonces cómo podrían ejecutarse las últimas fases del plan, especialmente el cierre de los dos estuarios más grandes –el Brouwerhavense Gat y el Oosterschelde–, sino que los conocimientos existentes y la experiencia acumulada indicaban que tales empresas eran, debido a las especiales condiciones de marea y a la naturaleza inestable del suelo arenoso, prácticamente irrealizables. Las técnicas del momento no permitían abordar, con un mínimo de garantías, la construcción de diques de varios kilómetros de longitud, frente al embate directo del mar, sobre corrientes de marea con una diferencia entre flujo y refluo de más de tres metros y sobre un suelo sometido continuamente a grandes desplazamiento de arena.

El Plan Delta había sido diseñado bajo el supuesto explícito de que al distribuir las diferentes obras proyectadas en una secuencia temporal de menor a mayor complejidad, durante un período de 25 años –un espacio de tiempo extraordinario para una obra pública–, los ingenieros hidráulicos irían adquiriendo los conocimientos y las técnicas necesarias para poder desarrollar las últimas fases

con un bajo nivel de riesgo. El plan, por lo tanto, consistía de hecho en un proyecto doble: por un lado, la construcción de una serie de obras hidráulicas de magnitud gigantesca; por otro, el establecimiento de un proceso colectivo de aprendizaje y experimentación, para obtener, progresivamente, la experticia necesaria para desarrollar tales obras: la denominada escuela Delta de ingeniería de costas (Ferguson, 1991, 141).

## EL IMPACTO DE LA ORGANIZACIÓN EN LA TECNOLOGÍA

Las organizaciones constituyen uno de los ámbitos más importantes en el estudio de la interacción entre la innovación tecnológica y el cambio social. Hasta no hace mucho, sin embargo, los análisis de la relación entre organización y tecnología habían seguido dos tipos de patrones, dependiendo de la perspectiva disciplinaria. Por un lado, los sociólogos de las organizaciones se han centrado en el papel que la tecnología juega en el interior de las organizaciones—es decir, el análisis del impacto de la tecnología en las organizaciones. Por otro, los sociólogos de la tecnología y los analistas de la innovación se han ocupado, básicamente, de identificar los aspectos de la dinámica y estructura de las organizaciones que favorecen o retardan los procesos de innovación tecnológica (De Wit, 1994, 53).

En el primer caso, autores como Chandler<sup>18</sup> han considerado el cambio tecnológico como uno de los factores clave a la hora de explicar los cambios internos en la organización y estructura de las empresas contemporáneas. En este sentido, la tecnología ha sido considerada implícitamente como un factor *exógeno* y los modelos analíticos empleados han tenido un marcado color determinista. En el segundo caso, en cambio, las organizaciones han comenzado a ser estudiadas, más que como simples receptáculos institucionales para la difusión y uso de la tecnología, como auténticos mediadores entre la conceptualización, el diseño y la implementación de las innovaciones tecnológicas.

En esta línea, el estudio de cómo los diferentes aspectos de una organización—su estructura jerárquica, las relaciones entre las distintas unidades estratégicas, sus relaciones con el entorno— desempeñan un papel importante en la configuración de las innovaciones tecnológicas desarrolladas a través de ella, constituye una rama esencial en el programa de investigación general sobre la construcción social de la tecnología. Parafraseando un ejemplo de Constant (1977), un Toyota Corolla y un Volkswagen Golf están diseñados a partir de un mismo conjunto de capacidades tecnológicas pertenecientes a la misma tradición técnica internacional en el diseño de motores de combustión, de sistemas de transmisión, de fabricación de neumáticos, de robótica e incluso de organización de la producción. Y, sin embargo, las obvias diferencias entre ambos modelos expresan la forma tan distinta en que cada una de las dos organizaciones interpreta cómo la tecnología

<sup>18</sup> Véase, por ejemplo, su famosa obra Chandler (1977).

del automóvil ha de realizar su función y cómo su propio sistema organizativo debe ayudar a conseguirlo.

En el caso del Plan Delta ya hemos mencionado que una de sus particularidades más importantes fue, precisamente, el control centralizado del proyecto y el abandono parcial del tradicional sistema de oficinas del agua locales. Hubieron, además, otras innovaciones organizativas que tuvieron consecuencias decisivas en el desarrollo del proyecto.

El control último del proyecto fue asignado a una oficina creada *ex profeso*: el Deltadienst. Su primer director intentó, sin éxito, conseguir una posición privilegiada que le diera acceso directo al ministro responsable y al director general del Rijkswaterstaat. A pesar del fracaso de esta iniciativa, el Deltadienst obtuvo una posición privilegiada aunque no lo suficiente como para evitar que se desarrollase, subsecuentemente, entre diversos departamentos del Rijkswaterstaat una encarnizada batalla política para obtener un mayor control del proyecto.

Los rastros de esa batalla pueden encontrarse, por sorprendente que parezca, en los detalles técnicos del diseño de algunas de las obras más representativas del Plan Delta. Las dimensiones gigantescas de las esclusas exteriores del dique de Haringvliet, por ejemplo, fueron consecuencia de los cálculos sobre el riesgo de formación de hielo. Según reveló más tarde el que fuera director del proyecto desde 1969 a 1976, H.A. Ferguson, los ingenieros de los distintos departamentos del Rijkswaterstaat evaluaron de forma muy distinta dicho riesgo: si la organización de los equipos de diseño hubiera sido diferente es muy probable que las compuertas del dique de Haringvliet hubiesen tenido un tamaño considerablemente inferior al actual (Ferguson, 1991, 142).

Además de la creación del Deltadienst y de la compleja relación con el Rijkswaterstaat, el Plan Delta requirió otras numerosas innovaciones organizativas. Una de las más importantes fue el establecimiento de una nueva relación contractual entre el Rijkswaterstaat y las compañías privadas que debían acabar ejecutando las diferentes fases del proyecto. El número de compañías implicadas era ciertamente grande: compañías de dragados, constructoras de diques, constructoras de colchones de protección para diques, navieras, constructoras de puentes, de canales, etc. Enseguida se hizo evidente que si lo que se pretendía era crear una *Escuela Delta*, de forma que los conocimientos y experiencia ganados en cada fase pudieran ser acumulados y transmitidos a los nuevos ingenieros que se sumasen a los distintos aspectos del proyecto, los procedimientos habituales de subcontratación a una larga serie de compañías independientes no constituían la mejor estrategia. Con objeto de preservar el proceso de acumulación de habilidades y conocimientos técnicos, se creó un gran consorcio entre todas las empresas adjudicatarias, mediante el que se facilitó enormemente la colaboración mutua y el intercambio de información y experiencia. De esta forma se simplificaron también los mecanismos de contratación pública y la reducción de costos dejó de ser el principal objetivo del control estatal del proyecto. Tal y como reza un viejo proverbio holandés, “la economía es útil, excepto para construir diques”.

Para favorecer el desarrollo de la Escuela Delta, se creó un nuevo departamento de investigación hidráulica en el Rijkswaterstaat y se establecieron acuer-

dos con otros laboratorios hidráulicos de algunas universidades. A pesar de este tipo de iniciativas, la imagen del proyecto como un simple proceso acumulativo de experticia tecnológica, en el que durante cada fase del plan se consolidaban conocimientos y técnicas en base a la experiencia recién ganada, no constituye una representación completamente ajustada a la realidad (Bijker, 1994).

Efectivamente, ni siquiera en la actualidad existe un consenso completo entre los ingenieros de costas sobre temas tan fundamentales como la estructura básica de un dique. Todavía pueden observarse controversias al respecto. Pensemos que, a pesar de la tradición milenaria en la construcción de diques, hubo que esperar hasta la tragedia de 1953 para que los ingenieros holandeses se dieran cuenta de que la mayor parte de roturas y brechas producidas en los diques, ocurrían por el desgaste y posterior desmoronamiento de su pared interior. Durante siglos todos los esfuerzos para mejorar la estructura de los diques y hacerlos más seguros habían ido dirigidos a fortalecer su pared externa —aquella que se halla en contacto directo con el mar. En 1953, en cambio, los ingenieros comprobaron que el agua que sobrepasaba un dique durante una tormenta, dejaba intacta su pared externa y erosionaba al caer al otro lado su cara interna —en especial su base—, causando con el paso de las horas la caída de toda la estructura (Ferguson, 1991, 57).

Incluso durante la realización del Plan Delta y tras haberse establecido mecanismos explícitos para asegurar el óptimo desarrollo de las investigaciones necesarias, la tecnología de construcción de diques no se convirtió en el ámbito sólido de conocimientos técnicos que cabría esperar. Hasta un observador ocasional, al presenciar el aspecto externo de algunos diques, construidos en momentos distintos del Plan con finalidades idénticas y en contextos geofísicos muy similares, puede apreciar diferencias considerables en su diseño. En el caso de los diques de Veere y Brower, por ejemplo, puede observarse la presencia en el último de un gran hombro de protección en la parte exterior del dique —algo que brilla por su ausencia en el primero. Al comentar estas diferencias obvias, Ferguson sostiene que “uno podría pensar que se debieron a importantes consideraciones técnicas. La explicación es, sin embargo, que los diseñadores no pudieron ponerse de acuerdo sobre las ventajas de un hombro exterior; en un caso, los oponentes del hombro ganaron y el dique de Veere no lo tuvo. Algunos años más tarde, los defensores del hombro fueron los ganadores y al dique de Brower se le añadió un amplio hombro de protección. Todavía no sabemos qué es mejor”.<sup>19</sup>

## LAS INNOVACIONES TECNOLÓGICAS DEL PLAN DELTA

Durante década y media fueron desarrollándose una tras otra las diferentes fases del Plan Delta, con pocas desviaciones respecto al calendario previsto. En 1958, se inauguró la barrera de marea en el Hollandse Ijssel, en 1960 se finalizó el dique

<sup>19</sup> Citado por Bijker (1994).

de Zandkreek (de 830 m de largo), en 1961 el dique del Veerse Gat, en 1965 el de Grevelingen, en 1969 el de Volkerak, en 1971 el del Haringvliet (de 4,5 km de largo y para el que se invierten 14 años de trabajo) y en 1971 el dique de Brower (de 6,5 km de largo). Sólo quedaba, entonces, la última gran obra del Plan Delta: el dique destinado a cerrar el mayor de los estuarios, el del Oosterchelde.

Hasta el momento se habían producido importantes innovaciones tecnológicas en el despliegue del plan.<sup>20</sup> El dique de Zandkreek, por ejemplo, se cerró mediante *caissons*: una especie de enormes cajones de hormigón flotantes que se desplazan arrastrados mediante distintas embarcaciones y que, una vez situados en el lugar idóneo, se llenan de arena y se depositan en el fondo como base para el dique. Para el dique de Veerse Gat se utilizaron por primera vez *caissons* abiertos por dos de sus lados, para que el agua pudiera pasar a su través, pero provistos de enormes compuertas. Siete de esos *caissons* enlazados entre sí (cada uno de una altura comparable a la de un edificio de 7 plantas) se situaron en la parte central de dique que debía cerrarse. Al llegar el cambio de marea, o sea en los pocos minutos en que el agua permanece quieta, se bajaron simultáneamente las compuertas y se procedió a rellenar los *caissons* mediante arena lanzada a chorro con gigantescos cañones.

Para construir un dique en terreno arenoso e inestable es necesario depositar, previamente en el fondo una especie de colchón que, a modo de umbral, permita asentar en él la estructura del dique. Tradicionalmente tales colchones se habían construido artesanalmente entrelazando ramas de sauce, formando bases de unos 20 cm de grosor, 20 m de ancho y 100 m de longitud. Después de construirlos manualmente en tierra se transportaban en barcos al lugar indicado y se depositaban en el fondo, cuidadosamente, vertiendo sobre ellos piedras o grava para anclarlos sobre el terreno. El plan Delta, sin embargo, requería para la construcción de sus diques más importantes, colchones más resistentes y de un tamaño demasiado grande como para ser fabricados a mano. En el dique de Grevelingen se utilizó, por primera vez, un colchón sintético (construido con nylon y asfalto colado) como base para el dique.

Igualmente, para rellenar la bocana mayor del estuario, en este dique se empleó por primera vez la técnica de instalar un teleférico dotado de una gran vagoneta, para dejar caer las piedras que debían formar el núcleo del dique. El teleférico, suspendido de cables de 9 cm de grosor, lanzó al mar unas 170.000 toneladas de piedras.

Por último, en el dique de Haringvliet, cuya parte central constaba de una serie de 14 esclusas con compuertas de acero que permitiesen evacuar al mar las aguas superfluas provenientes del Rin y el Mosa, se empleó un método sin precedentes hasta el momento: construir un dique seco en el centro del estuario, una especie de pólder temporal, en el que se edificó el complejo de esclusas y que fue, más tarde inundado, cuando los brazos laterales del dique estuvieron listos. Igual-

<sup>20</sup> Para más detalles sobre las diferentes obras del plan, véase Servicio de Información de Comunicaciones y Obras Hidráulicas (1990).

mente, mediante el sistema del teleférico se vertieron unos 100.000 bloques de hormigón como base de los diques laterales.

## EL CIERRE DEL OOSTERSCHELDE

Mientras se ultimaban los trabajos para completar las obras de Haringvliet y Brower, en 1967 se iniciaron las tareas para llevar a cabo la última fase del Plan Delta: el cierre del estuario del Oosterschelde. La previsión inicial era que el dique se acabaría en 1978, tras 11 años de trabajo y 25 años después de la catástrofe de 1953. No es casual, como hemos dicho anteriormente, que se tratase de la última gran obra hidráulica del plan: bajo todos los puntos de vista constituía el proyecto más difícil y complejo.

Básicamente, se trataba de construir un dique gigantesco, de más de 8 km de largo que conectase los territorios de Schouwen y Noord-Breveland. Las características del terreno en que debía emplazarse el dique eran igualmente singulares: el brazo de mar del Oosterschelde tiene una carrera de marea media<sup>21</sup> de 3 m, con profundidades que alcanzan en algunos lugares los 40 m. Las capacidades del flujo y reflujo de marea ascienden a 1.100 millones de m<sup>3</sup> de agua cada una (en el Brouwerhavense Gat, el mayor estuario cerrado hasta entonces, eran de 350 millones de m<sup>3</sup>).

Las obras comenzaron después de elegirse el que se consideraba mejor itinerario entre ambas costas: uno que pasara por tres zonas de poca profundidad formadas por grandes bancos de arena naturales. Lo primero que se hizo es convertir tales bancos en islas artificiales: Roggenplaat, Neeltje Jans y Noordland. Estas dos últimas se unieron entre sí mediante un dique de 3 km.

En 1973 se habían construido ya 5 km de dique —aunque se tratara de tramos que no presentaban mayores dificultades. Quedaban por cerrar los tres canales de máxima profundidad del estuario: Hammen, Schaar van Roggenplaat y Romplot. En 1971 se había decidido cerrarlos aplicando el ya tradicional método del teleférico para construir el núcleo del dique, viendo los buenos resultados de esta técnica en las fases anteriores del plan. Apoyadas en el fondo de los canales se empezaron a construir las inmensas torres de acero necesarias para tender los cables de los tres teleféricos necesarios:<sup>22</sup> algunas de esas torres tenían una altura de 80 m. La última se debía colocar en julio de 1974.

Sin embargo, las torres de los teleféricos no acabarían de instalarse nunca. Ciertos cambios en las circunstancias sociales, medioambientales y políticas iban a hacer que el cierre del Oosterschelde se convirtiese en una cuestión polémica que acabaría originando una controversia pública a escala nacional y que pondría fin al clima de acuerdo y complicidad que habían acompañado al plan Delta desde sus orígenes.

<sup>21</sup> Diferencia en el nivel del mar entre la marea baja y la alta.

<sup>22</sup> Sólo el coste de diseñar, construir y emplazar las torres del teleférico fue de 17,5 millones de florines holandeses de la época.

## LOS EFECTOS SOBRE EL MEDIO AMBIENTE

En primer lugar, las cuestiones medioambientales que en los años cincuenta no habían constituido un aspecto particularmente importante a la hora de prever las consecuencias del plan, adquirieron en los setenta un gran peso en la vida política de muchos países industrializados, entre los que Holanda no era una excepción. Las incipientes organizaciones ecologistas iban a convertirse en uno de los grupos sociales más contrarios al cierre del Oosterschelde.

En parte, la nueva conciencia medioambiental era consecuencia de los conocimientos científicos más precisos que se tenían sobre el ecosistema del Oosterschelde y que lo describían como una zona de características únicas en Europa. Siendo un brazo de mar, sin apenas influencia del agua dulce fluvial y con una profundidad media escasa, el agua presenta un alto contenido en sal, una temperatura relativamente alta y un alto nivel de pureza. Todo ello hace que una gran cantidad de especies vegetales y animales, propias de zonas más meridionales, se hayan desarrollado con profusión en la zona.

Las algas, por ejemplo, son numerosas y abarcan docenas de especies entre las cuales se dan algunas muy raras. El rico plancton formado por un aporte anual de un millón de toneladas de alimentos vegetales, constituye el principal sustento de los peces, crustáceos y aves que abundan en la zona. De hecho, el Oosterschelde es considerado una “guardería infantil” para los peces que procrean en otros lugares y crecen en la lengua de mar (lenguado, bacalao, arenque, etc.) y una especie de “sala de partos” para los peces que allí nacen (aguja, anchoa, etc.). Pueden encontrarse peces de hasta 75 especies distintas.

En los márgenes del Oosterschelde se han formado grandes extensiones de terrenos pantanosos o esteros, poblados de vegetación, en los que hibernan, veranean, transmigran o crían muchos tipos de aves. Para las aves acuáticas, en especial, este tipo de terrenos constituye una especie de edén. Los patos, gansos y chorlitos abundan en la zona.<sup>23</sup>

Cuando el Plan Delta fue diseñado y aprobado a finales de los 50, los países industrializados como Holanda experimentaban un alto ritmo de crecimiento económico y se recuperaban rápidamente de la postguerra. La situación a principios de los setenta, en cambio, era muy distinta. Por doquier se extendía la idea de que el crecimiento de los espacios urbanos y la expansión de la industria no eran procesos absolutamente inocuos. Poco a poco se percibía la existencia de límites al desarrollo y el movimiento ecologista, armado con todo un arsenal de nuevos conocimientos científicos, ponía énfasis en las consecuencias catastróficas de la contaminación y la degradación del medio ambiente.

En este nuevo clima social, el valor de la seguridad dejó de ser el único rasero por el que medir los logros del Plan Delta. El cierre del Oosterschelde mediante un dique significaba transformar radicalmente el ecosistema de la zona: la len-

<sup>23</sup> Para más datos sobre las especiales características ecológicas de la zona, véase Servicio de Información de Comunicaciones y Obras Hidráulicas (1990).

agua de mar expuesta a los cambios de la pleamar y la bajamar, llena de vida vegetal y animal de extraordinario valor e idónea para el cultivo de mariscos, se convertirá en un lago de agua dulce, con un nivel de agua estable, en el que desaparecerían la mayor parte de especies existentes entre la rica flora y fauna. No sólo eso, sino que las entonces tremendamente contaminadas aguas del Rin y el Mosa, convertirían la antigua perspectiva de un inmenso lago de agua dulce y cristalina, en la pesadilla de un gigantesco repositorio de aguas putrefactas llenas de productos tóxicos y desechos industriales.

La irrupción del movimiento por la protección de la naturaleza cambió, consiguientemente, la percepción popular del proyecto y acabó rompiendo la unanimidad general que lo había impulsado en 1958. Como en muchas otras ocasiones durante las últimas décadas, los efectos medioambientales de una tecnología se convirtieron en un factor clave para su futuro. En el caso de la barrera del Oosterschelde, así como en algunas otras controversias de este tipo, se produce, sin embargo, una situación curiosa. La defensa del sistema ecológico de la zona, frente al proyecto tecnológico representado por el plan Delta, no puede conceptualizarse, por lo menos en términos estrictos, como una inequívoca voluntad de preservar el entorno natural o, simplemente, la naturaleza, frente a la intrusión de la tecnología. En todo caso se hace necesario matizar este tipo de afirmaciones en que se adopta un concepto de 'naturaleza' aporofemático.

Gran parte del paisaje holandés que el visitante habitualmente calificaría sin más de *natural* es, como hemos dicho, un producto artificial de la técnica ancestral de extraer tierras al mar. En la zona de Zeeland, por ejemplo, muchas áreas naturales son en realidad el producto o la consecuencia, directa o indirecta, de intervenciones humanas, es decir, artificiales, en el pasado. Cuando se habla de restablecer las condiciones naturales de un determinado paraje, la pregunta que cabe hacerse es a qué substrato tecnológico de la historia estamos dispuestos a considerar "natural"<sup>24</sup>.

En el caso del Oosterschelde algunos de los elementos constitutivos del entorno natural que, en 1971, se consideraron amenazados por el dique proyectado, estaban en realidad claramente vinculados a intervenciones técnicas anteriores. Muchas de las zonas pantanosas, tan valiosas como ecosistemas singulares, habían aparecido como consecuencia del fango acumulado por la presencia de diques cercanos. Otro tanto cabría decir de los tan característicos salobres y ensenadas del estuario. No sólo eso, sino que las pendientes externas de los diques ya existentes, revestidas de piedras y hormigón, contenían una parte significativa de la flora y la fauna que querían preservarse: líquenes, caracoles, percebes, esponjas, anémonas, cangrejos, estrellas de mar, etc.

<sup>24</sup> El concepto de *naturaleza* es ciertamente ambiguo y problemático incluso dentro del movimiento ecologista. No sólo la frontera entre cultura y naturaleza resulta a menudo difícil de trazar, sino que el concepto mismo de naturaleza cambia radicalmente entre distintas versiones del movimiento ecologista (Bijker, 1995). Por otro lado, la substitución de la naturaleza por el *medioambiente* como foco del discurso ecologista, parece apuntar a una voluntad de superar esa distinción tradicional (Heise, 1997).

## UNA NUEVA OPCIÓN

Además del nuevo protagonismo adquirido por las cuestiones medioambientales, otros factores contribuyeron a cambiar el destino del Plan Delta a principios de los setenta. El incremento en la disponibilidad de agua dulce que ocasionaría el cierre del Oosterschelde, con el consiguiente beneficio para las actividades agrícolas y ganaderas de la zona, había sido en los años de la postguerra, en que la escasez de alimentos constituía un serio problema para muchos países europeos, una de las grandes ventajas indirectas del Plan Delta. En los años setenta, en cambio los grandes excedentes de mantequilla y trigo de la Comunidad Económica Europea, relativizaban tremendamente la importancia de esta cuestión. Igualmente y como consecuencia del nuevo clima político europeo, posterior al mayo del 68, el poder de muchas instituciones estatales se hallaba inmerso en una patente crisis de legitimidad. El poderoso Rijkswaterstaat, por ejemplo, dejó de obtener el apoyo generalizado de la población y sus actuaciones comenzaron a ser observadas con creciente desconfianza desde distintos ámbitos sociales (Bijker, 1994).

La oposición social al cierre del Oosterschelde se articuló, además, a través de una coalición altamente heterogénea de distintos grupos y colectivos que se denominó Oosterschelde Abierto. La colación aglutinaba básicamente a empresarios de la industria pesquera y a grupos ecologistas nacionales, aunque también se hallaban presentes propietarios de yates y, posteriormente, representantes del gobierno regional de la zona. Fue precisamente la diversidad de actores e intereses representados, lo que hizo difícil desacreditar globalmente el movimiento como un simple grupo NYMBY<sup>25</sup> luchando por sus intereses particulares (Disco, 2002).

Como consecuencia de todo ello, durante las elecciones generales de 1972, la cuestión del cierre del Oosterschelde devino uno de los temas preferentes en los debates sociales y un eje electoral en el que se posicionaban las diversas fuerzas políticas. Los contrarios al cierre del estuario abogaban por dejarlo completamente abierto y por reforzar y aumentar la altura de los diques costeros de toda la zona. La coalición de partidos de centro-izquierda reiteró, como promesa electoral, el compromiso de reevaluar el cierre del estuario.

El nuevo gobierno socialdemócrata surgido de las elecciones decidió en 1973 encargar a una comisión de expertos el estudio del cierre del Oosterschelde. Hasta entonces, sin embargo, todas las comisiones gubernamentales en el área de las obras hidráulicas se habían compuesto casi exclusivamente de ingenieros civiles formados en la Universidad de Delf, con la sola excepción de algún que otro jurista. La comisión de 1973, en cambio, sólo contaba con dos

<sup>25</sup> Acrónimo inglés de *not-in-my-back-yard* con el que se han bautizado los movimientos sociales locales, que intentan oponerse a la construcción de algún complejo tecnológico o urbanístico, que perciben como dañino para su entorno vital.

ingenieros (y sólo uno de ellos era ingeniero hidráulico). El presidente era un abogado –y anterior gobernador de la provincia de Zuid Holland. El resto estaba compuesto por un economista, un biólogo, un experto en cuestiones pesqueras y un ecólogo.<sup>26</sup>

En febrero de 1974, la comisión emitió su informe final en el que proponía lo que a todas luces representaba una solución creativa al problema: construir una barrera antitormentas que permanecería abierta la mayor parte del tiempo, pero que podría cerrarse en caso de tormenta. Para garantizar el nivel de seguridad marcado por la ley de 1957 durante la construcción de la barrera, se emplazaría un dique semipermeable que dejaría pasar un 50 % de la corriente de marea y que sería posteriormente derruido.

Aunque esta solución constituía un imaginativo compromiso entre las dos opciones en juego, o precisamente por eso, fue criticada desde todos los lados. Los ecologistas se quejaban de que la comisión no había considerado seriamente la posibilidad de dejar abierto el estuario. Diferentes asociaciones e instituciones de Zcealand temían que la nueva opción dejara la región desprotegida durante mucho más tiempo del previsto. Muchos ingenieros de costas, por su parte, consideraban que el proyecto era técnicamente irrealizable. Por último, casi todo el mundo estaba de acuerdo en señalar que el nuevo proyecto sería extremadamente más caro que el cierre propuesto inicialmente.

En cualquier caso, el informe de la comisión de expertos ayudó a extender aún más el debate, hasta alcanzar prácticamente a todos los estamentos de la sociedad holandesa y contribuyó a hacer más sólida la posición de los contrarios al cierre total. Poco a poco, incluso dentro del gobierno y del Rijkswaterstaat, los partidarios del cierre total se convirtieron en una pequeña minoría. La controversia se extendió más allá de los medios técnicos y políticos: el país entero, desde el parlamento hasta las familias, estaba dividido y algunos de los ingenieros de costas pasaron de ser héroes nacionales a auténticos dilapidadores del medio ambiente (Bijker, 1994).

En noviembre de 1974, el gobierno hizo pública la decisión de inclinarse por la solución de compromiso ofrecida por la comisión, complementándola con el compromiso de elevar la altura de los diques circundantes en el Oosterschelde. Tras un período de intensa actividad política y bajo grandes presiones, el parlamento aprobó por una ligera mayoría el proyecto de la barrera. Una moción para continuar con el inicialmente proyectado cierre total del estuario, fue rechazada por 75 votos en contra y 67 a favor. Para los perdedores se trató de una decisión “puramente política”.

La decisión del parlamento incluía, además, tres condiciones específicas para la construcción de la barrera. En primer lugar, se debía concretar un proyecto específico que fuese tecnológicamente factible. En segundo lugar, su construcción

<sup>26</sup> Véase Cisco (2002). En este estudio se analiza en detalle el proceso de “ecologización” de la ingeniería de costas holandesa.

debía finalizar, como mucho, en 1985. Por último, el nuevo presupuesto no debería exceder al antiguo en más de 20.000 millones de florines.

## LA BARRERA

La primera de las condiciones no era baladí: si las características del Oosterschelde que hemos mencionado anteriormente, ya hacían que la construcción de un dique clásico constituyese la obra más dificultosa de la historia de la ingeniería de costas, el diseño de una barrera semi-abierta representaba un reto tecnológico mucho mayor aún. Toda la experiencia acumulada en las anteriores fases del Plan Delta no era suficiente para emprender con éxito la tarea. En ningún lugar del mundo se había realizado nunca una obra semejante. Para muchos el proyecto rozaba lo imposible.

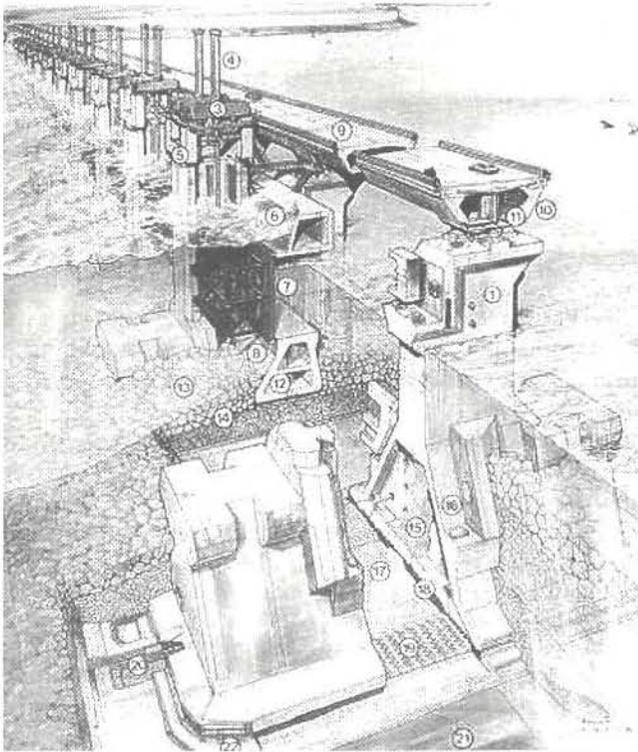
Bajo el apremio del tiempo, los ingenieros de la Universidad de Delf, los del Rijkswaterstaat y los de las compañías de dragados acometieron la difícil tarea de traducir la decisión del parlamento a un diseño tecnológico factible. Tras dos años de intensos estudios de todo tipo, en que desempeñaron un papel muy importante los experimentos mediante modelos a escala que simulaban las condiciones específicas del estuario, se presentó un proyecto final que fue inmediatamente aprobado por el parlamento.

El proyecto, sin embargo, resultaba bastante distinto de la opción aprobada dos años antes. En lugar de una barrera construida mediante caissons especiales, los ingenieros optaban finalmente por una sucesión de gigantescos pilares sobre los que descansarían enormes compuertas de acero que, en caso de necesidad, podrían deslizarse verticalmente dejando el Oosterschelde aislado del mar y protegido del influjo destructor de las mareas o las tormentas.

Después de dismantelar las torres del funicular y de extraer los colchones que ya se habían depositado como base para el dique programado anteriormente, comenzaron los trabajos para construir la barrera. Básicamente se trataba de depositar en los tres canales de la lengua de mar, 65 pilares de hormigón, cada uno de ellos de una altura de entre 30 y 40 m y un peso seco de 18.000 toneladas, y de colocar 62 compuertas de acero entre ellos, cada una de las cuales mediría unos 40 m de largo y entre 5,9 y 11 m de ancho, pesando la mayor de ellas 480 toneladas.

Únicamente para que el lector se haga una idea de la complejidad del proyecto, merece la pena constatar que sólo para la fabricación de los pilares —una pequeña parte del proyecto— se requirió la construcción de tres diques secos de 15 m de profundidad, en las proximidades de la zona en que debían ser colocados (puesto que no podían transportarse fácilmente), que necesitaban el funcionamiento continuo de 320 bombas sumergibles para mantenerlos secos. Hubo que construir una central productora de hormigón propia para que produjera en cuatro años los 450.000 m<sup>3</sup> de hormigón necesarios.

La construcción de cada uno de los pilares —que no eran, en absoluto, estructuras lisas, sino que estaban dotados de numerosos nichos, entrantes y salientes



#### Estructura de la barrera

- 1 pilar
- 2 dique de conexión con la costa
- 3 viga transversal
- 4 cilindros hidráulicos
- 5 estructura frontal
- 6 viga superior
- 7 compuerta
- 8 viga de umbral
- 9 carretera
- 10 tubo para los dispositivos de cierre
- 11 galería de servicio
- 12 viga rellena de arena
- 13 umbral
- 14 núcleo del umbral
- 15 pie del pilar relleno de arena
- 16 viga de umbral
- 17 alfombra superior
- 18 relleno
- 19 alfombra de losas
- 20 alfombra inferior
- 21 arena del fondo
- 22 bolsa de guijarros

para alojar el resto de componentes de la barrera –duró algo menos de año y medio. Como no se disponía más que de 4 años para acabarlos todos, hubo que fabricarlos en serie: cada dos semanas comenzaba la construcción de un nuevo pilar. En el momento cumbre se hallaban en el dique de construcción 30 pilares en fabricación simultánea. Los trabajos, por otro lado, se prolongaban durante la noche porque el vertido de hormigón no podían interrumpirse sin peligro de que la solidez posterior de la estructura se resintiese.

Globalmente, la construcción de la barrera en el Oosterschelde requirió numerosas innovaciones puesto que, en la mayor parte de aspectos, los problemas eran fundamentalmente nuevos y no podía echarse mano de la experiencia acumulada. Dos fueron, sin duda, las mayores dificultades que debieron resolverse a lo largo del proyecto. Por un lado, la base de la barrera y, por otro, el control presupuestario (Bijker, 1994).

Por lo que respecta a la base de la barrera, el fondo arenoso del Oosterschelde, en constante movimiento, representaba la peor situación posible para la construcción de un dique. Para aumentar la resistencia y estabilidad del suelo debieron emplearse diversas técnicas. Entre ellas, una de las más novedosas fue la

compactación del suelo mediante agujas vibratoras. Una embarcación construida sólo con este propósito, el *Mytilus*, transportaba una serie de 4 enormes tubos de acero que se incrustaban en el fondo, penetrando hasta 15 metros bajo el suelo, y comenzaban a vibrar haciendo que el agua entre los granos de arena desapareciera y la distancia entre ellos se hiciera mucho menor.

Como esto no era suficiente para sustentar la pesada barrera, se colocaron sobre el suelo una serie de alfombras de cimentación –sustitutos de los antiguos colchones. Se debieron fabricar en una factoría creada ex profeso, 65 alfombras sintéticas de 200 m de longitud por 42 m de anchura y de un grosor de 36 cm (además de otras tantas de menor tamaño). Una embarcación especial, el *Cardium*, las transportaba enrolladas en un gigantesco cilindro, que luego era desenrollado lentamente en el lugar indicado, con la ayuda de otra embarcación: el proceso que debía efectuarse con una altísima precisión, con un margen de error de unos pocos centímetros y en un mar turbulento, se supervisaba mediante cámaras submarinas.<sup>27</sup>

Respecto al control presupuestario, el parlamento había aprobado un gasto máximo que no podía ser sobrepasado en ningún caso. Diversas innovaciones en el control de la ejecución del proyecto permitieron ajustar el coste final al presupuesto inicialmente. Por un lado, se recortó el costo “sobre la marcha”, construyendo una compuerta menos en la barrera. Igualmente, el principio de no interferir con el sistema ecológico durante la construcción, fue violado en algunas ocasiones –mediante cierres temporales de la barrera– para facilitar algunos de los trabajos. Por último, algunas técnicas de “contabilidad creativa” permitieron respetar las previsiones iniciales

## LA OCTAVA MARAVILLA DEL MUNDO

El 4 de octubre de 1986, la reina Beatriz inauguraba oficialmente la barrera antitormentas del Oosterschelde, en medio de un gran festejo. Mediante un sistema de cilindros hidráulicos de una longitud que va de los 21,8 a los 34,5 m del mayor, es posible cerrar las 62 compuertas de acero, desde el centro de control, de forma que la costa de Zeeland quede a salvo de una posible tormenta. En aproximadamente una hora y a una velocidad de 3 milímetros por segundo las puertas de acero pueden descender hasta alcanzar los umbrales de hormigón situados entre los pilares, a varios metros de profundidad.

Cuando las compuertas están abiertas, el agua puede desplazarse a través de las aberturas entre los pilares en una cantidad que equivale al 90 % de la carrera de marea original: una proporción que se considera suficiente para mantener el ecosistema de la zona y las diferentes actividades pesqueras. Para ello, sin em-

<sup>27</sup> Otro tipo de elementos innovadores fueron las distintas embarcaciones creadas para trasladar y situar los pilares (Servicio de Información de Comunicaciones y Obras Hidráulicas 1990).



FOTO: WIN RIEMENS

*La barrera cerrada durante una tormenta*

bargo, es necesario mantener las compuertas de acero abiertas el mayor tiempo posible. La intención inicial es cerrar la barrera únicamente en caso de que el pronóstico del nivel de agua exceda un límite determinado: el nivel de cierre. Dicho nivel se establece en la altura media del agua según el mareógrafo de Amsterdam (NAP), más 3,25 m.

Como el comportamiento del mar es a menudo impredecible y pueden producirse súbitamente crecidas importantes en el nivel de la superficie, se dispone también de un nivel de alarma que pueden hacer descender las compuertas automáticamente. Igualmente existe un complejo sistema de alarma, en el que se tienen en cuenta diferentes pronósticos del tiempo así como las características de la marea. Se prevé, por último, que la barrera pueda cerrarse en otras circunstancias: por ejemplo, en caso de mareas negras que se produzcan en el Mar del Norte y que puedan afectar la zona del Oosterschelde.

La barrera constituye, sin duda, la máxima creación de la ingeniería holandesa de costas hasta el momento. Más que de alta tecnología, no resulta aventurado calificarla de tecnología de "ciencia-ficción". Como se encargan de recordarle al visitante los paneles de la exposición permanente, situada en el edificio de control y servicios que se construyó en una de las islas artificiales entre los distintos tramos de la barrera, los holandeses la califican de "octava maravilla del mundo". Si los terribles vientos que a menudo azotan la zona no han hecho que las autoridades hayan cerrado la carretera que circula a lo largo del viaducto, justo por encima de la barrera, el visitante puede además recorrerla en automóvil observando su grandiosidad, su complejidad y las fuertes corrientes que la atraviesan, así como el singular paisaje de la zona.

A pesar de todo, y aunque los días de la intensa controversia de primeros de los setenta quedan ya lejanos, todavía existen ciertos elementos polémicos en torno a la barrera. Los hay que aún dudan que la barrera constituya una defensa definitiva para Zeeland; si las previsiones sobre el calentamiento global y el consecuente aumento de nivel de los mares son ciertas, tarde o temprano las defensas actuales serán insuficientes (Ferguson, 1991). Algunos ingenieros piensan que la base de la barrera no es lo suficientemente firme como para aguantar los embates del mar en un espacio de tiempo prolongado. De vez en cuando se reabre la polémica sobre el régimen de cierre de la barrera. Y lo que es más importante: nadie puede asegurar que el próximo año no sea ese entre 4.000, en que durante una tempestuosa noche de febrero, las aguas del mar sobrepasen de nuevo los diques e invadan con violencia destructiva las tierras de Zeeland.

## CONCLUSIONES

El análisis del desarrollo histórico del Plan Delta proporciona evidencia contraria a la tesis de la autonomía de la tecnología y, refuerza, en cambio la idea de que el desarrollo tecnológico no es inmune a las fuerzas y elementos del medio social en que tiene lugar. En cierto sentido, los proyectos tecnológicos como el Plan Delta constituyen un espejo, más o menos distorsionado, de la sociedad en que han sido construidos. Una mirada atenta puede, en principio, descubrir con un mínimo armazón metodológico, los rastros de las distintas confrontaciones sociales, políticas o ingenieriles que han marcado su desarrollo. Dichos rastros, sin embargo, no se corresponden con las tradicionales *inscripciones* que el historiador detecta en documentos o declaraciones, sino que se hallan a menudo *empotrados* en los detalles más abstrusos e inesperados del diseño material de los artefactos y productos tecnológicos.

En el caso del Plan Delta, nuestro análisis ha mostrado cómo la organización interna del Rijkswaterstaat, la dinámica del parlamento holandés, los sistemas de control presupuestario del gobierno, la red de movimientos sociales o el imaginario colectivo de una nación, entre otros elementos, se encuentran presentes en muchas de las decisiones que han cristalizado finalmente en las gigantescas estructuras de hormigón, piedra y metal que pueden observarse, aho-

ra, inertes y frías a lo largo de la costa de Zeeland. No se trata, sin embargo, de una mera pátina sociocultural que se superpone a dichas construcciones sin afectar a su núcleo interno. En muchos casos –y, en especial, en lo que respecta a la barrera del Oosterschelde– resulta imposible explicar su forma y sus características técnicas más importantes sin recurrir a tales factores “no puramente tecnológicos”.

Otra forma de advertir el fenómeno de la construcción social de la tecnología, consiste en analizar el papel que determinados valores desempeñan en el diseño de los artefactos. Aunque tradicionalmente se ha asociado a la tecnología una cierta *neutralidad valorativa* –en el sentido de que son los usos de la tecnología los que pueden estar cargados política o valorativamente y no la tecnología misma–, numerosos estudios han mostrado durante los últimos años cómo los artefactos técnicos pueden *encarnar* en su mismo diseño determinados valores o actitudes políticas.<sup>28</sup> En el caso del Plan Delta hemos visto cómo, a lo largo de su historia, es posible observar una cierta transición entre una primera fase dominada por el valor de la *seguridad* y una posterior en la que los valores *ecológicos* adquieren un protagonismo destacable. No sólo resulta remarcable esa capacidad de los artefactos tecnológicos para encarnar valores, sino que aún lo es más su flexibilidad para hacer compatibles valores distintos, gracias a diseños tan imaginativos como el de la barrera antitormentas. Los proyectos tecnológicos tienen, a veces, esa capacidad sorprendente de hacer complementarios valores u objetivos que, en principio, constituyen polos irreconciliables. En general, en el dominio de la tecnología, las sentencias “es imposible”, “es irrealizable” –que, por cierto, tantas veces se oyeron a lo largo del Plan Delta– cuando se atribuyen a un proyecto, deben interpretarse como constataciones de lo que se percibe como contradicción entre un diseño específico y determinados objetivos o ideas (Latour, 1996, 92).

En realidad ningún proyecto tecnológico es simplemente tecnológico. En cierto sentido los ingenieros también ejercen, veladamente, de políticos o de sociólogos:<sup>29</sup> desarrollan lo que ha sido denominado una *ingeniería heterogénea*. Sus proyectos unifican en un mismo discurso grandes problemas sociales (la seguridad de una región, la prosperidad de las actividades pesqueras, etc.) y cuestiones técnicas de gran especificidad (un dique semipermeable, una estructura de caissons, etc.). Tratan, en resumen, de construir *cadena de traducción* entre problemas de ámbito global y soluciones de carácter local, constituyéndose al mismo tiempo, a sí mismos o a un proyecto, como *puntos de paso obligado*, para todos aquellos interesados.<sup>30</sup> Las cadenas de traducción son por otro lado necesarias para interesar

<sup>28</sup> Un estudio pionero en este sentido es el de Winner (1987). En este trabajo Winner expone el conocido episodio de los puentes de Long Island que ha propiciado una cierta polémica en el campo de los estudios CTS, debido a algunos errores o imprecisiones históricas que se le han achacado. Para seguir esta polémica, que ha puesto de manifiesto algunas cuestiones teóricas de gran importancia, véanse Joerges (1999) y Woolgar y Cooper (1999).

<sup>29</sup> Véase al respecto el concepto de *sociología naif* que hemos presentado en el capítulo 5.

<sup>30</sup> Para un desarrollo del concepto de ingeniería heterogénea, véase Law (1987).

a los que en principio no están interesados: en el caso de la barrera fue necesario traducir el objetivo de los grupos ecologistas de conseguir un estuario abierto a las características de la opción intermedia representada por la barrera.

Este tipo de consideraciones y, en general la tesis de la construcción social de la tecnología, no deben conducirnos a sustituir el clásico determinismo tecnológico por una forma, no menos clásica, de determinismo social. El estudio de caso que hemos expuesto no dibuja un panorama estable y definido de entidades sociales (instituciones, grupos, ideologías, intereses, etc.) que configuran una materia tecnológica dúctil y maleable, siguiendo los avatares propios de la vida social o política. Es obvio que los actores sociales presentes muestran una geometría variable y una naturaleza tan inestable como el mismísimo suelo arenoso del Oosterschelde. Ni siquiera es posible identificarlos previamente en una lista cerrada y seguir luego su implicación relativa en el proyecto. A medida que éste transcurre y evoluciona se producen transformaciones evidentes en los distintos actores: lo que en un principio parece un actor singular y unificado (el gobierno, el parlamento, el Rijkswaterstaat o, incluso, la sociedad holandesa) deviene una multitud de actores más pequeños que campan cada uno por su lado (los departamentos del Rijkswaterstaat, los distintos grupos parlamentarios, los diferentes movimientos sociales, etc.).

Muchas de estas transformaciones son consecuencia del mismo desarrollo del proyecto. Algunas de ellas, incluso, han cambiado de forma profunda la estructura de un grupo y sus objetivos o intereses a medio plazo: el Plan Delta, por ejemplo, ha cambiado significativamente la cultura de los ingenieros de costas holandeses en el sentido de priorizar las soluciones de alta tecnología por encima de otras posibilidades más tradicionales (Bijker, 1994). Igualmente el Plan Delta y, en especial, el caso de la barrera del Oosterschelde han supuesto cambios radicales en la toma de decisiones sobre obras hidráulicas y, en particular, en la misma estructura del Rijkswaterstaat: un nuevo ejército de expertos, principalmente ecólogos, biólogos y químicos, trabajan ahora, en distintos departamentos junto a los tradicionales ingenieros de costas en la gestión de los sistemas acuáticos (Cisco, 2002). En cualquier caso, resulta evidente que el Plan Delta ha tenido consecuencias importantes en distintos ámbitos de la sociedad holandesa –y en especial, naturalmente, en la zona de Zeeland. Globalmente, por lo tanto, lo que se observa es un proceso de co-producción entre tecnología y sociedad que, sólo cuando es contemplado parcialmente, genera los espejismos gemelos, aunque inversos, del reduccionismo social y del determinismo tecnológico.

El éxito del proyecto depende, consecuentemente, de estabilizar los diversos y heterogéneos elementos de su entorno: tan importante como asegurar un fundamento estable para la marea en el suelo marino u obtener un encaje perfecto entre las compuertas de la barrera y los umbrales de hormigón, es conseguir una cooperación armoniosa entre las compañías de dragados y los ingenieros del Rijkswaterstaat o entre los movimientos ecologistas y el parlamento. No se trata, sin embargo, de una mera *adaptación al contexto*.

La perspectiva constructivista que defendemos aquí no promueve una *historia social de la tecnología* entendida como voluntad de situar la tecnología “en su

contexto social". En sentido estricto, el contexto no existe o, mejor dicho, las tecnologías *no se dan en un contexto*: más bien *se dan un contexto*; es decir, crean su propio contexto.

Mientras que el modelo lineal del desarrollo tecnológico se apoya en un modelo de *difusión* en que las tecnologías, tras las fases de diseño y producción, se difunden a través de un medio social –el contexto– preestablecido, en el modelo multidireccional es el esquema de *traducción* el que resulta más adecuado.<sup>31</sup> Según este modelo, los proyectos tecnológicos deben construir, para tener éxito, su propio entorno, su propio contexto. De la misma forma que dadas las condiciones demasiado inestables del suelo marino, los ingenieros deciden crear una base artificial sobre la que asentar la barrera, también se cree necesario establecer un Deltadienst que medie entre el Plan Delta y el turbulento Rijkswaterstaat. La nueva modalidad de contratos con las compañías constructoras, la centralización del control del Plan, el consorcio creado para su ejecución, etc. son todos ellos esfuerzos por asegurar un vínculo operativo con el entorno. Si esta labor de *contextualización* prospera el proyecto irá adelante, si fracasa –lo cual, por cierto, ocurre la mayoría de las veces– el proyecto perderá realidad y acabará abandonándose (Latour, 1996, 126).

La noción de contexto, por lo tanto, debe ser substituida por la de una *red* de vínculos y nodos fabricada y rubricada mediante acuerdos, leyes y normativas, que intenta mantener una conexión óptima entre el proyecto y su entorno. Es toda esta ingente tarea de contextualización la que convierte en ridícula la tesis de la autonomía de la tecnología: si la irreversibilidad estuviera ya inscrita en los artefactos técnicos ¿cuál sería el propósito de toda esa empresa meticulosa y siempre inacabada de vincular el contexto a su entorno?

Ahora bien, en determinadas situaciones y, en especial, cuando los proyectos se extienden en el tiempo, es probable que se produzcan cambios imprevisibles en el entorno –algo que, como hemos visto, ocurrió claramente a principios de los 70 en el caso del Plan Delta. En ese momento, la subsistencia del proyecto depende de su capacidad para adquirir nuevos compromisos y transformarse a sí mismo. Es por ello que los proyectos devienen, entonces, más complejos: los ingenieros, para mantener el proyecto ligado a su entorno, se ven obligados a reinscribir en él nuevos compromisos –tantos como elementos críticos para su futuro se detectan (Latour, 1996, 209). La barrera del Oosterchelde ilustra este extremo de forma paradigmática: la reinscripción del nuevo conflicto en torno a las consecuencias medioambientales del dique, obliga a transformar radicalmente su naturaleza y a complicar tremendamente su diseño y construcción. De hecho, si un proyecto tecnológico pierde la capacidad de reabsorber lo que ocurre a su alrededor, está definitivamente abocado al fracaso.

<sup>31</sup> Para una explicación detallada del modelo de traducción véase Callon (1986).

## BIBLIOGRAFÍA

- Bijker, Wiebe E. (1994): "SocioHistorical Technology Studies, illustrated with examples from coastal engineering and hydraulic technology". En: Jasanoff, S., G.E. Markle, J.C. Petersen, y T. Pinch (eds.). *Handbook of Science, Technology and Society*. London. Sage. Pp. 229-256.
- Bijker, Wiebe E. (1995): *Democratisering van de Technologische Cultuur*. Maastricht. Maastricht Universiteit.
- Callon, M. (1986): "The Sociology of an Actor-Network: The Case of the Electric Vehicle". En: M. Callon, J. Law y A. Rip (eds.). *Mapping the Dynamics of Science and Technology: Sociology of Science in the Real World*. Basingstoke. Macmillan.
- Constant, E.W. (1987): "The Social Locus of Technological Practice: Community, System, or Organization?". En: Bijker, W., 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. 223-242.
- Chandler, A.D., Jr. (1977): *The Visible Hand: The Managerial Revolution in American Business*. Cambridge (MA). Belknap Press.
- De Wit, Dirk (1994): *The shaping of automation: a historical analysis of the interaction between technology and organization 1950-1985*. Hilversum. Erasmus Universiteit Rotterdam.
- Dendermonde, M. y H.A.M.C. Dibbits (1954): *De dijken: een nationale uitgave*. Amsterdam. De Bezige Bij.
- Disco, Cornelis (2002): "Remaking "Nature": The Ecological Turn in Dutch Water Management". *Science, Technology and Human Values*, vol. 27, n. 2. Pp. 206-235.
- Ferguson, H.A. (1991): *Dialogo met de Noordzee: Tweeduizend jaar deltawerken*. Hyppolytushoef. Amaboeken.

- Heise, Ursula K. (1997): "Science and Ecocriticism". *The American Book Review* 18, vol.5 (July-August). Pp. 4.
- Hughes, Thomas (1992): *Barcelona*. London. Harvill.
- Joerges, Bernward (1999): "Do Politics Have Artifacts?". *Social Studies of Science*, Vol. 29, n. 3. Pp. 411-432.
- Latour, B. (1996): *Aramis or the Love of Technology*. Cambridge (MA). Harvard U.P.
- Law, J. (1987): "Technology and Heterogeneous Engineering: The Case of Portuguese Expansion". En: Bijker, Wiebe E., Thomas P. 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. 111-134.
- Nederlands Booksellers and Publishers Association (1953): *The Battle of the Floods: Holland in February 1953*. Amsterdam.
- Provinciale Zeeuwsche Electriciteits Maatschappij (1957): *De ramp van 1953*. Middleburg.
- Servicio de Información de Comunicaciones y Obras Hidráulicas (1990): *El Plan Delta para la seguridad y el ambiente*. La Haya.
- Van Meurs, Rudie (1993): "Help! Hans Brinker verzuipt". *Vrij Nederland*, 27 marzo.
- Van Veen Johan (1962): *Dredge, drain, reclaim*. The Hague: Martinus Nijhoff.
- Woolgar, Steve y Geoff Cooper (1999): "Do Artefacts Have Ambivalence?" *Social Studies of Science*, Vol. 29, n. 3. Pp. 433-449.
- Winner, L. (1987): "¿Tienen los artefactos política?". En: L. Winner. *La ballena y el reactor*. Barcelona. Gedisa.

## CAPÍTULO X

# La máquina urbana: el caso del ensanche de Barcelona<sup>1</sup>

*Eduard Aibar*

### LAS CONSECUENCIAS DEL 11 DE SEPTIEMBRE

A principios del siglo XVIII España se hallaba inmersa en la guerra de sucesión al trono en que, como es sabido, se enfrentaban las dinastías de los Habsburgo y los Borbones. El gobierno catalán había dado su apoyo formal al pretendiente Habsburgo, Carlos III, que frente al tradicional centralismo absolutista de los monarcas borbónicos, había hecho la promesa de mantener las instituciones políticas catalanas en un modelo de estado de tipo confederal. Paralelamente, los catalanes firmaron un tratado con Inglaterra que les prometió apoyo militar, en el sector naval, contra las tropas de Felipe V, el pretendiente borbónico.

Finalmente, como se sabe, el conflicto bélico se resolvió a favor de la dinastía borbónica. Barcelona, como capital de Cataluña, sufrió uno de los sitios más severos de todos cuantos tuvieron lugar en la Europa de la época. Durante 13 meses la ciudad se resistió de forma casi suicida a las tropas que la rodeaban y que

<sup>1</sup> Este trabajo utiliza, parcialmente, material previamente publicado por el autor –Aibar (1995a), (1995b) y Aibar y Bijker (1997)– aunque los análisis teóricos y conceptuales que aquí se exponen son fundamentalmente distintos.

la bombardeaban constantemente por mar y por tierra. El 11 de septiembre de 1714, la ciudad se rindió definitivamente. Como resultado de la derrota y “por derecho de conquista” las instituciones políticas catalanas, desde el Consell de Cent hasta la Generalitat y las Corts fueron abolidas. Consecuentemente, el Principado sería gobernado desde entonces, directamente, por la administración central de la corona hispánica en Madrid. El decreto posterior de Nueva Planta impuso un nuevo sistema fiscal que derogaba todas aquellas leyes y costumbres que se consideraron perjudiciales para las arcas reales.

Como Felipe V consideraba que los catalanes se habían revelado contra su soberanía, diferentes decretos posteriores sumaron a la dura carga de la ocupación militar, las represalias y la destrucción del sistema constitucional vigente, una campaña de represión civil y cultural que, entre otras cosas, impuso la sustitución del catalán por el castellano en distintos ámbitos de la vida social: principalmente en contextos administrativos, jurídicos y educativos. Incluso se promulgó el cierre de todas las universidades catalanas (las de Barcelona, Lleida, Girona, Tarragona y Vic).<sup>2</sup>

La configuración técnica de la ciudad también iba a sufrir las consecuencias de la derrota. Un gigantesco proyecto de ingeniería militar fue aprobado con objeto de mantener a Barcelona bajo la vigilancia permanente de las tropas borbónicas y prevenir cualquier forma de revuelta o desorden social. Por un lado, se construyó una enorme ciudadela pentagonal, próxima a la zona portuaria, para ejercer, en caso necesario, un rápido control militar de la ciudad: la ciudadela ofrecía la posibilidad de bombardear cualquier punto de la ciudad, desde una posición segura para los artilleros, en el momento que se considerase oportuno.<sup>3</sup> En segundo lugar, se inició la construcción de una ciclópea muralla, fortificada mediante bastiones y cercada por un foso. La muralla se extendía desde el lado oeste de la ciudadela hacia el norte de la ciudad, zigzagueaba y, bajando hacia el mar, enlazaba con éste en las antiguas atarazanas.

Gracias a estas dos construcciones Barcelona se convirtió en una enorme fortificación militar en la que las instalaciones militares cubrían prácticamente tanto terreno como los edificios civiles. El proyecto de Felipe V consiguió, de esta forma, encorsetar la ciudad en una rígida armadura de piedra que impedía su crecimiento y su posterior desarrollo industrial. Las murallas se transformaron, muy pronto, en el principal problema urbanístico del municipio. Paralelamente, el complejo militar formado por las murallas y la ciudadela se convirtió, durante mucho tiempo, en un odiado símbolo de la subyugación de Cataluña a la autoridad central castellana.<sup>4</sup>

<sup>2</sup> Sobre todo este episodio histórico y sus consecuencias, véase Badenes (1991). Agradezco igualmente los valiosos comentarios de Joan Campàs al respecto.

<sup>3</sup> La ciudadela ocupaba el terreno de lo que actualmente se denomina, precisamente, el *Parc de la Ciutadella*.

<sup>4</sup> Aún hay gente que brinda utilizando la expresión ‘*brindem tot maleint la memòria de Felip Quint*’ (‘brindamos maldiciendo la memoria de Felipe V’).

La muralla, sin embargo, no representaba únicamente un obstáculo físico al crecimiento urbano de Barcelona. También constituía un impedimento legal: estaba prohibido cualquier tipo de construcción en la zona de alcance de los cañones. Una zona que se determinaba trazando semicírculos, de hasta 1250 m de radio, desde distintos puntos de la fortificación. Esta especie de tierra de nadie, más allá de las murallas, suponía casi el 61 % del territorio municipal de Barcelona. Consecuentemente, durante el siglo XIX y con las murallas aún en pie, cualquier proyecto urbanístico para la ciudad suponía, de forma implícita y automática, un posicionamiento político, cuyo sentido específico venía determinado por la actitud, favorable o contraria, hacia las murallas.

Precisamente a mediados del XIX, las condiciones de vida en la ciudad de Barcelona eran realmente terribles. La densidad de población, 856 habitantes por hectárea, era la más alta de España y una de las mayores de Europa –la densidad media de París, por ejemplo, era de 400 habitantes por hectárea. El espacio medio de vivienda disponible para una persona de clase obrera era de apenas 10 m<sup>2</sup>.

Una densidad de población tan alta, unida a un deficiente suministro de agua potable y a un anticuado y pobre sistema de alcantarillado, hacían que las condiciones de higiene de la ciudad fueran simplemente atroces. Se declararon diferentes tipos de epidemias en los años 1834, 1854, 1864 y 1870; cada una de ellas acabó, por término medio, con un 3 % de la población. Se ha calculado que entre 1837 y 1847, la esperanza de vida para los hombres era de 38,3 años, para las clases adineradas, y de sólo 19,7 entre los pobres.

A pesar de todo ello, los diferentes gobiernos españoles desde 1718 se preocuparon enormemente por mantener las murallas en pie. En 1844, el Capitán General –la máxima autoridad política en Cataluña– aún invocaba al “derecho de conquista” para zanjar las discusiones urbanísticas en que alguien se atrevía a sugerir la demolición de la muralla –al mismo tiempo que declaraba continuamente el estado de excepción para acabar con las numerosas revueltas obreras que surgían regularmente en la ciudad.

Cuando el permiso del gobernador para demoler la muralla llegó, por fin, en 1854, ésta constituía, sin duda, la construcción más odiada de la época por los habitantes de una ciudad europea. Es comprensible que aquel día muchos de ellos salieran a la calle armados con picos, mazas o cualquier otro instrumento que tuvieran a mano, dispuestos a contribuir con su propio esfuerzo en las tareas de destrucción de la muralla. Los doce años que se necesitaron para eliminar sus últimos restos, no fueron nada comparados con su casi siglo y medio de existencia.

## ESTUDIOS DE TECNOLOGÍA Y CIUDADES

En 1979, la revista *Journal of Urban History* publicaba el primer número especial dedicado a “la Ciudad y la Tecnología”, en el que se definía una nueva agenda de investigación orientada al estudio de la “intersección entre los procesos urbanos y las fuerzas del cambio tecnológico” (Tarr, 1979). En concreto, la principal preocupación de los historiadores enrolados en dicho programa, a ca-

ballo entre la historia de la tecnología y la historia de las ciudades, era el estudio de los *efectos* de la tecnología en las formas urbanas. Se presentaban, así, diversos trabajos sobre el papel de tecnologías como el alumbrado eléctrico, los sistemas de alcantarillado o el telégrafo, en la expansión geográfica de las ciudades, los procesos de suburbanización, etc.

Desde un punto de vista metodológico, el tratamiento que se realizaba de la tecnología no difería mucho del que caracterizaba los enfoques tradicionales en el estudio de la tecnología –históricos, sociológicos o económicos. Aunque la tecnología se trata como un factor configurador de la sociedad y las ciudades, se considera, en sí misma, el producto no problemático de un proceso histórico relativamente *autónomo*.

Recientemente, sin embargo, el análisis de la tecnología en el campo de la historia urbana ha experimentado una transformación similar a la que se ha producido en ámbitos disciplinares como la historia y la sociología de la tecnología o la economía de la innovación tecnológica.<sup>5</sup> En el segundo número sobre ‘la Ciudad y la Tecnología’, publicado ocho años más tarde por la misma revista (Rose y Tarr, 1987), la nueva orientación se hace patente en la mayoría de trabajos.

El énfasis se ha desplazado al papel de las normas y valores políticos y culturales, en el diseño y construcción de ciertos tipos de sistemas tecnológicos urbanos. La cuestión de la tecnología urbana se plantea en el contexto más amplio de la cultura urbana, la política y las actividades socioeconómicas (Rosen, 1989). La tecnología se considera configurada, por lo menos parcialmente, por elementos políticos, culturales, etc., y no simplemente como un factor dado, inflexible y *exógeno*, que condiciona otras dimensiones de la vida urbana (Konvitz *et al.*, 1990).

A pesar de todo, ambas perspectivas –que, más que opuestas, deben considerarse complementarias– muestran una laguna importante en el abanico de técnicas analizadas. La distribución física de la ciudad, la forma urbana misma, no recibe una atención destacada: el *urbanismo* no se incluye en el conjunto de técnicas urbanas merecedoras de estudio. Este trabajo intentará, en ese sentido, promover la ampliación del campo de estudio de la historia de la técnica, tradicionalmente limitado a las técnicas puramente artefactuales o “duras” –es decir, aquellas que tienen que ver directamente con el diseño y construcción de máquinas o dispositivos. Una concepción más amplia de la técnica debe incluir también el dominio de las llamadas técnicas “blandas” –biotécnicas, técnicas simbólicas y técnicas organizativas– y permitir su tratamiento legítimo por parte de historiadores y sociólogos de la técnica.

Por otro lado, los últimos desarrollos en la historia y la sociología de la tecnología apuntan en una dirección similar al promover la sustitución del concepto clásico de *artefacto técnico* como unidad de análisis, por el de *sistema socio-técnico* (Hughes, 1983; Bijker, 1994b). El nuevo concepto de sistema sociotécnico

<sup>5</sup> Obras pioneras en el cambio de orientación ocurrido en dichas disciplinas son, respectivamente, Hughes (1983), McKenzie y Wajcman (1985) y Freeman (1974). Para una visión general véase Bijker (1994a).

permite, por un lado, el análisis simultáneo de los factores “técnicos” y “sociales” involucrados sin adoptar *a priori* una distinción entre dichos ámbitos y, por otro, facilita el tratamiento de grandes sistemas técnicos (sistemas de comunicación, sistemas de suministro y distribución de energía, sistemas urbanos, etc.) que aparecen indisolublemente unidos a sistemas sociales, políticos o económicos, y que, por ello, son difícilmente asimilables a la noción tradicional de artefacto técnico. Desde este punto de vista, ‘artefacto’ debe entenderse siempre como abreviatura de ‘sistema sociotécnico’.

El urbanismo constituye, desde ese punto de vista, una *técnica organizativa* particularmente importante en el mundo actual y que históricamente se remonta a los orígenes mismos de la civilización. Su producto final, la ciudad, puede entenderse así, más que como un mero receptáculo espacial “dado” para el cambio técnico y la transformación social, como un tipo particular de *artefacto* o, en términos más precisos, de sistema sociotécnico, sujeto, en muchos casos, a un proceso de diseño deliberado –y altamente controvertido– a cargo de una clase específica de expertos.

En concreto, este capítulo se centrará en el análisis de un episodio singular en la historia del urbanismo moderno: el plan Cerdà para el ensanche de Barcelona, desarrollado a mediados del siglo XIX en el seno de una profunda controversia. Las características específicas del proyecto, así como las circunstancias particularmente conflictivas en que se desarrolló, lo convierten en un caso histórico idóneo para ilustrar y analizar algunos conceptos clave en los actuales estudios sociohistóricos de la tecnología.

En el campo de la historia del urbanismo, y centrándonos en los estudios sobre el siglo XIX, conviven distintas orientaciones. Algunos autores adoptan una versión bastante estándar del denominado *determinismo tecnológico*: el urbanismo se interpreta como una mera respuesta organizativa a los nuevos imperativos y necesidades suministrados por las nuevas tecnologías (Giedion, 1941). Otros autores se acercan a una cierta forma de *determinismo social* y enfatizan el papel de las fuerzas económicas en el desarrollo de los proyectos urbanísticos (Mumford, 1938 y 1961). Una forma de *reduccionismo ideológico* ha sido también desarrollada: los planes urbanísticos se han dividido así en reformistas o utópicos (Piccinato, 1973). Por último,<sup>6</sup> algunos autores han intentado subrayar el desarrollo histórico *autónomo* de aquellos contenidos “técnicos” propios del urbanismo que, en su opinión, no pueden explicarse en su totalidad haciendo únicamente referencia a factores tradicionalmente *externos* –políticos, económicos, etc.– (Torres, 1985).

El principal objetivo de nuestro estudio será tratar de superar las distintas formas de reduccionismo y determinismo que caracterizan estas orientaciones y ofrecer, paralelamente, un esquema de reconstrucción histórica que, huyendo del puro descriptivismo, permita integrar el conjunto heterogéneo de factores que in-

<sup>6</sup> Un repaso más amplio a la historiografía sobre el urbanismo decimonónico se ofrece en de Solà-Morales (1992).

tervienen en el diseño y ejecución de un proyecto urbanístico de gran magnitud, como fue el plan de ensanche para Barcelona. Con ese propósito emplearé el aparato conceptual y metodológico del enfoque *constructivista* en el estudio sociohistórico de la tecnología, que ha protagonizado en los últimos años un giro radical respecto a la imagen tradicional del cambio técnico.<sup>7</sup>

## LA CONTROVERSIA SOBRE EL ENSANCHE DE BARCELONA

La primera fase de la controversia en torno al ensanche de Barcelona se extiende desde 1856 hasta la aprobación definitiva del plan en 1860, por parte del gobierno. Las cuestiones que se debaten a lo largo de la polémica abarcan una gran cantidad de aspectos relacionados con el plan e involucran a un grupo heterogéneo de actores e instituciones sociales y políticas. En esta sección presentaré de forma esquemática las cuestiones que pueden considerarse centrales en la controversia y que mejor ilustran las distintas posiciones en conflicto.<sup>8</sup>

Tras el llamado Bienio Progresista (1854-1856), el nuevo Ayuntamiento conservador de Barcelona comenzó a oponerse firmemente al plan de ensanche que el gobernador civil había encargado al ingeniero Ildefons Cerdà. Pueden apuntarse cuatro razones primordiales para explicar la fuerte oposición municipal.

En primer lugar, las negociaciones sobre el ensanche debían hacerse con el estamento militar –que seguía siendo el principal actor urbanístico en Barcelona. Para el Ayuntamiento el plan Cerdà no era el más apropiado para ello, puesto que deliberadamente *ignoraba* las instalaciones militares que rodeaban la ciudad (principalmente la Ciudadela –que cubría el 20% de la ciudad) y hacía que las nuevas calles y manzanas proyectadas ocuparan su lugar. En ese sentido, el plan se consideraba demasiado radical.<sup>9</sup>

En segundo lugar, el plan Cerdà proponía un ensanche ilimitado, es decir, superando los límites municipales de Barcelona.<sup>10</sup> Dado que el nuevo régimen político implicaba un cierto *revival* centralista, el Ayuntamiento creía que un plan que afectase a otros municipios sería el mejor argumento para que el gobierno adquiriera el control sobre el mismo.

En tercer lugar, un plan ilimitado y con calles de 35 m de anchura<sup>11</sup> requería un gran volumen de expropiaciones y, consecuentemente una cifra muy

<sup>7</sup> Véanse Hughes (1983), Pinch y Bijker (1987) y Bijker (1987), como ejemplos paradigmáticos de dicho enfoque.

<sup>8</sup> Estudios históricos detallados de la llamada “batalla del ensanche” se ofrecen en Grau y López (1988), Soria (1992) y Torres *et al.* (1985).

<sup>9</sup> Véase al respecto Grau y López (1988, 195).

<sup>10</sup> El ensanche, según el plan Cerdà, era diez veces más extenso que la ciudad antigua. Proporcionalmente ha sido el mayor ensanche llevado a cabo en una ciudad europea. Véase Bohigas (1985).

<sup>11</sup> En la ciudad antigua existían 200 calles de menos de 3 m de anchura y 400 de menos de 6.

elevada de gastos de compensación –según la ley vigente. Era muy improbable que el Ayuntamiento pudiera hacer frente a una operación financiera de tal calibre.

El último aspecto de la confrontación entre Cerdà y el Ayuntamiento puede parecer a priori un tanto extraño: Cerdà era un ingeniero. Ingenieros y arquitectos estaban envueltos desde hacía más de una década en una larga e intensa controversia.<sup>12</sup> A primera vista se trataba de un conflicto entre atribuciones profesionales: se discutía la competencia de ambos campos respecto a la construcción de edificios y obras públicas. Sin embargo, en el curso de la controversia se manifestaron otros aspectos conflictivos que mostraban problemas más profundos y que rebasaban los límites de un simple conflicto profesional.

En muchos casos, la disputa se presentó como una confrontación entre ciencia y arte. Pero además, mientras que la creciente importancia técnica de los ingenieros se asociaba a la revolución industrial y a la clase emergente de la burguesía fabril, los arquitectos continuaban más próximos al ámbito social de la aristocracia y los terratenientes. En virtud de ello, los ingenieros adquirieron un cierto halo progresista, mientras que los arquitectos seguían anclados al marco conservador del antiguo régimen (Lorenzo, 1985).

Este notorio vínculo entre atribuciones técnicas y posiciones políticas llegó a ser tan manifiesto en España que, durante gran parte del siglo pasado, cada cambio de régimen hacia la derecha iba seguido, casi automáticamente, por el cierre de la Escuela de Ingenieros o por la disolución del Cuerpo de Ingenieros. Los gobiernos progresistas, por su parte, solían transferir algunos de los privilegios de los arquitectos a los ingenieros (Miranda, 1985).

Durante el período del conflicto en torno al ensanche, el Ministerio de Fomento, que ofreció el principal apoyo institucional al plan Cerdà, era el mayor reducto de los ingenieros en el ámbito gubernamental. La fuerza de los arquitectos era hegemónica, por otro lado, en el Ministerio de la Gobernación, que desde 1859 se opuso reiteradamente a algunos aspectos importantes del proyecto de Cerdà. No es de extrañar, por lo tanto, que el Ayuntamiento conservador prefiriera encargar el plan de ensanche alternativo a un arquitecto, Miquel Garriga, que, además, era una de las figuras más activas en la controversia con los ingenieros.

El plan de Garriga siguió al pie de la letra las recomendaciones del Ayuntamiento en términos de escala: el ensanche apenas sobrepasaba las dimensiones de la ciudad antigua y sus calles tenían sólo entre 10 y 15 m de anchura. El plan del arquitecto Antoni Rovira<sup>13</sup>, ganador del concurso municipal convocado en 1859 por el Ayuntamiento para presentar una alternativa más sólida al gobierno, era de similares características formales.

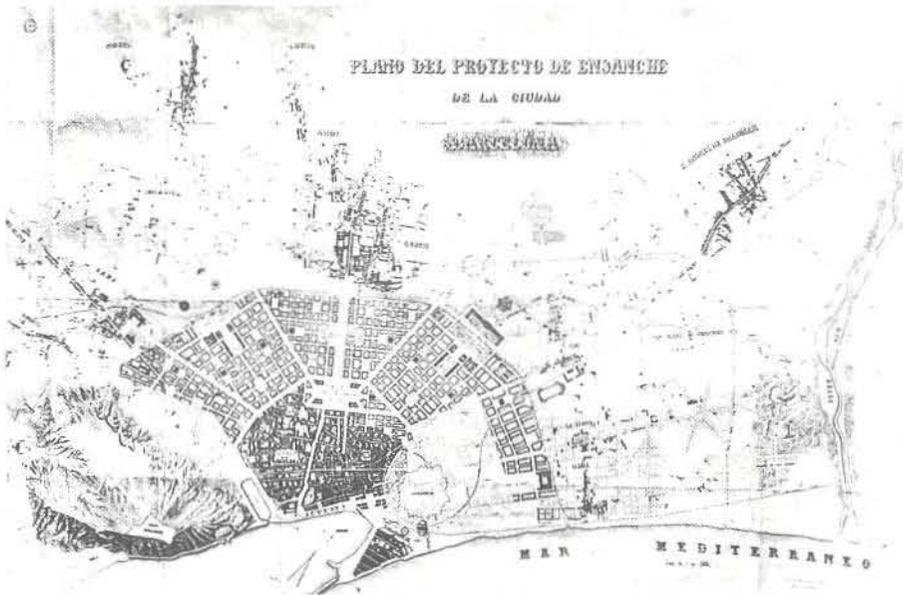
<sup>12</sup> Véase Bonet *et al.* (1985). Controversias similares tuvieron lugar en Francia e Italia.

<sup>13</sup> Rovira también jugó un papel destacado en la polémica con los ingenieros.

Plano para el ensanche de la ciudad de BARCELONA.



Años 1857-1858: Proyecto Garriga y Roca



Año 1859: Anteproyecto del arquitecto don Antonio Rovira y Trias

Otro elemento conflictivo era la cuestión económica: ¿quién iba a financiar el ensanche? La posición de los propietarios era clara: el Ayuntamiento debía expropiar y compensar –como se había hecho anteriormente en otras reformas urbanísticas de menor escala. Como máximo estaban dispuestos a ceder los terrenos necesarios para las calles ordinarias –excluyendo avenidas, bulevares, plazas y edificios públicos (Comisión de Propietarios del Ensanche [1859] 1971). El Ayuntamiento defendía, en cambio, una idea menos liberal: dado que los propietarios eran los que más iban a beneficiarse del ensanche, ellos debían costear el proceso de urbanización y, además, ceder parte del valor añadido a las arcas municipales. Cerdà, por su parte, partiendo de un principio similar, proponía la creación de una corporación privada –entre los propietarios– que sería el organismo encargado de gestionar el proceso de urbanización y construcción, con una cierta independencia del Ayuntamiento; una estrategia similar a la empleada por las compañías de ferrocarriles, en las que Cerdà había adquirido una gran experiencia.

La propuesta de Cerdà fue mejor recibida por los propietarios que por el Ayuntamiento. Pero no debemos olvidar que el plan de ensanche iba unido desde el principio a la reforma de la ciudad antigua. El plan económico de Cerdà en ese ámbito defendía la capacidad de la gran corporación para expropiar en la ciudad antigua, no sólo el terreno necesario para las aceras en las nuevas calles, sino dos bandas laterales de treinta metros de anchura. Huelga decir que los propietarios del casco viejo interpretaron dicha exigencia como un ataque inaceptable a sus derechos (Comisión Permanente de Propietarios [1860] 1971). El Ayuntamiento, por su parte, no queriendo enfrentarse a los poderosos propietarios de la ciudad antigua, prefería apoyar aquellos proyectos que redujeran la reforma a un mínimo de intervención –tal y como era manifiesto en los planes de Garriga y Rovira.

Parte de la controversia se centró también en la relación entre la ciudad antigua y el ensanche. En este caso, el Ayuntamiento, los arquitectos, los propietarios de la ciudad antigua y los del ensanche –aunque en menor medida– tomaron una postura similar que puede resumirse en el veredicto del jurado del concurso: el plan Rovira era ensalzado, entre otras cosas, porque mantenía que “el ensanche de Barcelona seguirá en el futuro las mismas leyes que en el pasado” (Junta Calificadora [1859] 1971, 486). Con otras palabras, el plan Rovira se consideraba una innovación conservadora: el ensanche se diseñaba como un proceso de urbanización continua a desarrollar *desde* la ciudad antigua –el ensanche de Rovira estaba proyectado desde el punto de vista del núcleo antiguo. El plan se diseñaba consecuentemente como un ensanche *radial* a partir de la estructura urbana antigua que permanecía de esta forma en el centro.

De hecho, cuando Cerdà presentó su primera propuesta al gobernador civil en 1854, no utilizó la palabra ‘ensanche’. En lugar de ello hablaba de fundación de una nueva ciudad (poco después Cerdà decidió eliminar el término por razones estratégicas, siguiendo el consejo del mismo gobernador). Contrariamente a lo que sucedía en el plan Rovira, era la reforma de la ciudad antigua la que se concebía desde el punto de vista del ensanche. Su plan *radical* implicaba, además, la

creación de un nuevo centro físico de la ciudad (la actual Plaça de les Glòries) lejos del casco antiguo y, en todo caso, la consideración del puerto como centro funcional.

Finalmente, y muy ligado a la cuestión anterior, encontramos otro motivo de discordia en el trazado: la jerarquía. El plan Cerdà evitaba explícitamente –en principio– cualquier jerarquía a priori en el espacio urbano. La mayoría de calles estaban distribuidas en una red geométrica con intersecciones perpendiculares. Todas las manzanas se diseñaban con la misma forma octogonal.<sup>14</sup> La distribución regular de esta red pretendía evitar la aparición de zonas privilegiadas de construcción, como mínimo desde el puro trazado del plan. De acuerdo con su ideología liberal, Cerdà pretendía preservar la “justicia” en cuanto a las propiedades en el ensanche.

Los proyectos de los arquitectos, por el contrario, dibujaban con esmero un ensanche jerarquizado a partir del eje del Passeig de Gràcia<sup>15</sup> –una avenida utilizada desde hacía tiempo por la burguesía barcelonesa como espacio privilegiado



Año 1859: Proyecto del ingeniero Ildefons Cerdà

<sup>14</sup> Aproximadamente 1.000 manzanas, cada una de 113,3 x 113,3 m.

<sup>15</sup> Continuación virtual de las Ramblas hacia la entonces cercana villa de Gràcia –hoy un barrio de la ciudad.

de ocio y ostentación. Su intención era establecer diferencias desde el principio, para determinar la situación de los futuros inmuebles burgueses y comenzar, con un punto de referencia claro, el negocio del suelo (Sagarra, 1990a, 278). Para ello era necesario saber dónde iban a alojarse los trabajadores y las clases bajas y dónde iban a instalarse las fábricas. Mientras que Cerdà no ofrecía una respuesta explícita a dichas cuestiones, Rovira proponía una distribución concéntrica de clases sociales, que se extendía desde un centro residencial burgués, hasta los suburbios destinados a las fábricas y los obreros.<sup>16</sup>

## FLEXIBILIDAD INTERPRETATIVA

A partir del análisis de la controversia sobre el ensanche es posible determinar una lista de los distintos *grupos sociales relevantes* involucrados. El concepto de *grupo social relevante* hace referencia a cualquier institución, organización, o conjunto de individuos no organizados, cuyos miembros toman una posición similar respecto a un artefacto o proyecto técnico concreto.<sup>17</sup> Dicho de otra forma, los miembros de un mismo grupo social relevante atribuyen el mismo significado a un artefacto determinado. Consecuentemente, la aplicación de dicho concepto no se restringe únicamente, en principio, a aquellos individuos pertenecientes a comunidades científicas o técnicas.

Por otro lado, el concepto de grupo social relevante va asociado al de *flexibilidad interpretativa*<sup>18</sup>. En el caso que nos ocupa es evidente que el artefacto "ensanche" está sujeto a un proceso agudo de flexibilidad interpretativa, dado que los distintos grupos sociales relevantes le atribuyen significados distintos, y, a veces, claramente incompatibles entre sí. Sin embargo, la importancia del concepto de flexibilidad interpretativa, más allá de la mera atribución de ideas al artefacto ensanche, descansa en dos hechos fundamentales: a) incluso los detalles más "técnicos" del proyecto están sujetos a flexibilidad interpretativa (no sólo los mecanismos económicos o políticos para la ejecución del proyecto, sino el diseño mismo del plan y las características geométricas del trazado se encuentran en juego), y b) los distintos actores sociales ven el ensanche como una solución a *problemas* eminentemente distintos.

Para el Ayuntamiento, el ensanche se presenta como una oportunidad para retomar el control de los asuntos municipales y debilitar la intervención del gobierno central. El Partido Moderado catalán extiende dicha cuestión a la vieja confrontación nacionalista entre Cataluña y España. Arquitectos e ingenieros intentan aprovechar el tema del ensanche para ganar otra batalla en su guerra particular y adquirir la primacía en cuestiones urbanísticas. Los propietarios del

<sup>16</sup> Véanse García Espuche (1990a) y Sagarra (1990b).

<sup>17</sup> Para un tratamiento más extenso de dicho concepto, véase Pinch y Bijker (1987).

<sup>18</sup> Para una introducción a dicho concepto, véase igualmente Pinch y Bijker (1987) y Bijker (1992).

casco viejo miran el ensanche con recelo, puesto que lo consideran destinado a devaluar sus posesiones y a acabar con sus privilegios –principalmente el monopolio de la construcción. El Ministerio de la Gobernación, por su lado, intenta ejercer control sobre el proyecto para asegurarse una posición más relevante en futuros ensanches en otras ciudades del estado. Finalmente, los propietarios de los terrenos allende las murallas están impacientes por obtener los enormes beneficios del negocio del suelo y la construcción en el futuro ensanche.

La clase obrera barcelonesa constituye, también, un grupo social relevante en la cuestión del ensanche. De hecho, Barcelona es, durante mucho tiempo, una de las ciudades europeas en la que la conexión entre movimientos revolucionarios y temas urbanísticos, se muestra de forma más nítida. En particular, desde la primera huelga general en Barcelona (1854), la estrategia seguida por el movimiento obrero se desplaza hacia una *territorialización* creciente de la confrontación social (López Sánchez, 1993, 41).

Aunque no contamos con formulaciones explícitas de la posición obrera frente al ensanche, es posible llevar a cabo una reconstrucción de la misma a través del análisis del uso obrero del espacio urbano en los períodos de antagonismo social abierto, durante la segunda mitad del siglo XIX y principios del XX –entre la aprobación del plan de ensanche y la reforma interior.<sup>19</sup> Por otro lado y desde el punto de vista obrero, el ensanche aparece de forma cada vez más patente como un área residencial exclusiva para la burguesía –a lo largo de un proceso tendencial que va desde el plano de 1859 en que Cerdà descarta definitivamente la inclusión de viviendas obreras en el ensanche, hasta bien entrado el siglo XX.<sup>20</sup> De forma paralela, la territorialización de la lucha obrera –la expresión del antagonismo social en la lucha por el espacio urbano, irreductible quizás a la mera reivindicación del reparto equitativo de la riqueza– experimenta también un desarrollo progresivo que tiene su culminación en los sucesos de julio de 1909, tras la apertura de la Vía Laietana.<sup>21</sup>

Hemos visto cómo los distintos grupos sociales involucrados asociaban distintos significados, problemas y soluciones al ensanche de Barcelona. El siguiente paso consistirá en tratar de explicar cómo en ciertos casos la relación entre dichos grupos desembocó en una posición común, mientras que en otros condujo a una forma de oposición prácticamente irreductible. Con tal objeto haremos uso del concepto de *marco tecnológico*.<sup>22</sup>

<sup>19</sup> Castells (1983, 23) ha señalado la necesidad de emprender historias teorizadas de los fenómenos sociales referidos a los usos del espacio.

<sup>20</sup> Apoyando este extremo véanse Bohigas (1985, 77 y ss.) y de Solà-Morales *et al.* (1974, 11).

<sup>21</sup> Véase, al respecto, López Sánchez (1993).

<sup>22</sup> En inglés “technological frame”. Véase Bijker (1987) y (1994b).

## MARCOS TECNOLÓGICOS

El concepto de *marco tecnológico* constituye una alternativa al concepto de *paradigma tecnológico* propuesto por Dosi (1982), a partir de la extrapolación de los paradigmas científicos kuhnianos al ámbito de la tecnología. A diferencia de los paradigmas tecnológicos, los marcos tecnológicos incluyen básicamente, tanto artefactos ejemplares como valores culturales, tanto objetivos como teorías científicas, tanto protocolos de prueba como conocimiento tácito. Los elementos constitutivos de un marco tecnológico son, por lo tanto, mucho más heterogéneos que los de un paradigma tecnológico y no se restringen, como éstos, al ámbito puramente cognitivo. Son estructuras respecto a la tecnología y no, respecto a una comunidad de tecnólogos o técnicos: consecuentemente pueden ser aplicadas a los distintos grupos sociales relevantes. Los marcos tecnológicos proporcionan, por lo demás, los objetivos, las ideas y los instrumentos necesarios para la acción. Ofrecen tanto los problemas centrales como las estrategias pertinentes para su resolución. Sin olvidar que, al mismo tiempo, la formación de un marco tecnológico limita la libertad de los miembros de un grupo social relevante. Aunque las interacciones crean la estructura, ésta condiciona las interacciones futuras.

En ese sentido, los marcos tecnológicos nos ayudan a explicar tanto la construcción de artefactos o tecnologías ejemplares, como la constitución de los grupos sociales relevantes. Desde un punto de vista negativo, dado que las estructuras de los marcos tecnológicos se definen en torno a tecnologías previamente estabilizadas, actúan como límite al proceso de flexibilidad interpretativa por parte de un grupo social –proceso que, por lo tanto, no puede considerarse puramente “arbitrario”. Desde un punto de vista positivo, un marco tecnológico proporciona los recursos, experiencias y estrategias necesarias para que los grupos sociales incluidos en él, interactúen y colaboren en la estabilización de nuevos artefactos.

Es en ese sentido que el concepto de marco tecnológico intenta superar la parcialidad de las perspectivas reduccionistas y se desmarca, tanto del denominado determinismo tecnológico (que ha caracterizado gran parte de la historia de la tecnología tradicional), como del determinismo social (que, en el ámbito del análisis de la actividad científica, por ejemplo, ha promovido recientemente la *sociología del conocimiento científico*<sup>23</sup>).

En el caso histórico que nos ocupa, el concepto de marco tecnológico nos ayudará a explicar, no sólo cómo determinados procesos sociales dieron forma a la construcción física de la ciudad, sino cómo experiencias técnicas previamente estabilizadas estructuraron en gran medida, a su vez, tales procesos.

En el conflicto en torno al ensanche de Barcelona pueden detectarse tres marcos tecnológicos distintos, con respecto a las cuestiones urbanísticas. Aunque los distintos actores sociales mencionados muestran diversos grados de inclusión en dichas estructuras, tiene lugar un claro proceso de polarización de las diversas po-

<sup>23</sup> Harry Collins es el mejor ejemplo de la posición determinista social en el estudio de la ciencia. Véase Collins (1985).

siones durante el curso del conflicto. Uno de los tres polos puede reconstruirse tomando el plan Cerdà como proyecto ejemplar: es lo que llamaremos el marco tecnológico “ingenieril”.<sup>24</sup>

### La fábrica urbana

Tratándose de un simple individuo puede resultar difícil explicar cómo Cerdà pudo mantenerse en pie frente a los poderosos grupos e instituciones que se movilizaron en su contra. Cuando Cerdà fue “redescubierto” por los académicos españoles hace unas pocas décadas, la mayoría de ellos –los ingenieros especialmente– lo presentaron como un genio olvidado del urbanismo y un extraordinario ingeniero y científico social<sup>25</sup> (Soria *et al.*, 1976). Una explicación menos cognitivista nos ayudará, sin embargo, a situar mejor su trabajo en el contexto del marco tecnológico en que tuvo lugar.

Si seguimos a Cerdà durante la primera fase de la controversia, la imagen arquetípica del *ingeniero heterogéneo* (Law, 1987, 113) nos viene fácilmente a la cabeza. Mientras se ocupa de dibujar el trazado de su plan o de escribir el proyecto económico y las ordenanzas de construcción (lo cual ya constituye de por sí una tarea eminentemente heterogénea), visita a destacados personajes de la administración, a importantes hombres de negocios de Barcelona y a ingenieros franceses involucrados en la construcción de líneas de ferrocarril, para ganar su apoyo y sondear las posibles resistencias. Además, se las arregla para reunir una ingente cantidad de datos, que luego publica en uno de los estudios más exhaustivos del siglo XIX sobre las condiciones de vida de la clase obrera,<sup>26</sup> y para trazar el mejor mapa topográfico hecho hasta entonces de la ciudad de Barcelona y sus alrededores. Cerdà siempre trató de presentar su plan de ensanche, y en general sus ideas urbanísticas, como consecuencia de sus estudios previos en *ciencia social* sobre la ciudad.

Un elemento crucial en el plan Cerdà es la higiene. Durante el siglo XIX se desarrollaron diversas teorías higienistas que mostraban una preocupación explícita por las condiciones de vida en las nuevas ciudades industrializadas.<sup>27</sup> Cerdà –como otros autores españoles– fue muy sensible a esa línea de investigación y

<sup>24</sup> Esta denominación no implica que el grupo profesional de los ingenieros sea el único actor social relevante en dicho marco tecnológico.

<sup>25</sup> Véase, como ejemplo, Soria *et al.* (1976). A pesar de todo, es indudable que Cerdà publicó su tratado de urbanismo (1867), con anterioridad a los que tradicionalmente se consideran “padres” del urbanismo moderno: R. Baumeister, 1874, J. Stübgen, 1890, R. Unwin, 1909, etc. Véase Bonet (1982).

<sup>26</sup> La *Monografía Estadística de la Clase Obrera* incluida como apéndice a Cerdà ([1867] 1971).

<sup>27</sup> “The counter-movement of hygiene provided the most positive contributions to town-planning during the XIXth century” (Mumford, 1961, 478). Más adelante matizaremos esta afirmación.

dedicó una parte muy significativa de sus trabajos teóricos y empíricos, a la tarea de establecer una relación de causa-efecto entre ciertas características de la forma urbana y las tasas de mortalidad entre los habitantes de Barcelona. Como resultado de ello, escogió la orientación geográfica de la retícula de calles en su proyecto –noroeste/sudeste– para permitir un aprovechamiento máximo de la luz solar y de los vientos más favorables.<sup>28</sup> La considerable anchura de las calles de su plan se justificaba también mediante razones de higiene y la dimensión de las manzanas (113,3 x 113,3 m<sup>2</sup>) se establecía para optimizar los estándares de vida, expresados en metros cuadrados por persona –los 6m<sup>3</sup> de aire por persona y habitación se convirtieron en su *leitmotif* básico (Cerdà [1855] 1991).

Además de su formación ingenieril y de sus distintas actividades como político progresista, Cerdà participó activamente en la construcción de las primeras líneas de ferrocarril en España. En la primera página de su *Teoría General de la Urbanización, y aplicación de sus principios y doctrinas a la Reforma y Ensanche de Barcelona*, Cerdà explica la fascinación que sintió al ver por primera vez trenes en movimiento “semejando poblaciones enteras ambulantes, cambiando precipitadamente de domicilio” (Cerdà [1867] 1971, 6). Bajo dicha fascinación, Cerdà vislumbró un futuro en el que las ciudades serían atravesadas por enormes automóviles de vapor, como principal medio de transporte. Como consecuencia de ello, cada esquina de sus manzanas aparecía cortada en forma de chaflán, para facilitar los giros de los supuestos macro-automóviles del futuro.<sup>29</sup>

Las actividades de Cerdà previas a su proyecto de ensanche –como miembro del cuerpo de ingenieros y como empleado de las compañías de ferrocarriles– habían tenido lugar en el marco social y técnico de la nueva clase de industriales capitalistas –especialmente prominente en Cataluña. Las necesidades de dicha clase por lo que respecta a la ciudad pueden resumirse en dos conceptos básicos: movilidad y crecimiento ilimitado. Las mercancías y las materias primas debían poder circular rápidamente a través de las calles y avenidas evitando las inconveniencias de los trazados miniaturescos e irregulares de la ciudad medieval.

Movilidad y fluidez en el tráfico fueron de hecho dos componentes esenciales del plan Cerdà –quizás los más importantes.<sup>30</sup> Además de la notoria innova-

<sup>28</sup> Véase Corominas (1992). Es muy probable que los fundadores romanos de Barcelona (15-13 a.C.) escogieran la misma orientación por razones similares. Véase al respecto Busquets (1993, 24).

<sup>29</sup> Curiosamente, los chaflanes han acabado convirtiéndose en Barcelona en una espacio idóneo para aparcar vehículos en doble fila.

<sup>30</sup> En su tratado de urbanismo Cerdà ([1867] 1971) dedica el cuarto libro a una clasificación de las formas urbanas histórica según los distintos medios de locomoción característicos de cada época. Sin embargo, el plan Cerdà contradice la tesis de Mumford según la cual “the sacrifice of the neighborhood to the traffic avenue went on all during the XIXth century” (Mumford, 1961, 429). Uno de los principales elementos del plan Cerdà era la estructura de barrios que debía superponerse a la retícula geométrica de calles. Según Bohigas (1963) este particular es el que sitúa a Cerdà por encima de sus colegas contemporáneos, como Haussman.

ción de los chaflanes, la mayoría de calles tenían entre 20 y 30 m de anchura. Diversas avenidas de 50 a 80 m de ancho se diseñaron para facilitar la comunicación entre el puerto y las dos puertas geográficas de la ciudad (el Paral·lel hacia el valle del Llobregat y la Meridiana hacia el valle del Besós, siendo la Gran Vía la conexión transversal entre ambas). En cada calle se aplicó una regla simple: se dividía el espacio en dos partes iguales para peatones y vehículos: para una calle de 20 m, ello suponía una banda central de 10 m para el tráfico rodado y dos bandas laterales de 5 m cada una para los peatones.

Estamos ahora en una mejor situación para entender el marco tecnológico en el que el urbanismo cerdaniano se emplaza. En primer lugar, el nuevo concepto capitalista de crecimiento económico ilimitado –que durante el siglo XIX se asoció explícitamente, por vez primera, al crecimiento de las ciudades– se hallaba en el núcleo de las estrategias urbanísticas del marco tecnológico ingenieril. Igualmente importantes eran las nuevas tecnologías y los procedimientos económicos nacidos con la revolución industrial, así como el nuevo rol social asignado a la ciencia. De hecho, los conceptos clave en el diseño de la nueva ciudad –movilidad, transporte, comunicación– se dirigen hacia lo que podríamos denominar una *taylorización* del espacio urbano. La ciudad se concibe, cada vez más, como una inmensa *fábrica* en la que la producción debe ser “racionalizada”.

Por otro lado, las cuestiones sociales –como la higiene– asociadas al nuevo programa urbanístico, apuntan hacia otro componente importante en esta estructura tecnológica emergente. Durante la segunda mitad del siglo XIX, el estado español muestra un claro proceso de transformación, en el que la ciencia y la tecnología se instrumentalizan y mistifican como la base de las decisiones gubernamentales para regenerar el tejido social (López Sánchez, 1993, 174). A resultas de ello, un nuevo cuerpo de funcionarios técnicos es reclutado con objeto de usar su experticia para el tratamiento de los graves problemas sociales del país. El cuerpo de ingenieros intervino de forma estelar en dicha tarea y Cerdà puede considerarse, en ese sentido, como heredero de las experiencias anteriores en la construcción de obras públicas por parte de ingenieros militares.<sup>31</sup>

### La ciudad monumental

El marco tecnológico arquitectónico, por el contrario, se apoyaba en una estrategia urbanística más tradicional –cercana a la concepción neoclásica de la ciudad y a un ambiente social y político casi pre-burgués.<sup>32</sup> Los problemas de movi-

<sup>31</sup> Incluso en el dominio urbanístico: un barrio entero de Barcelona –la Barceloneta– se construyó en la segunda mitad del siglo XVIII, según el proyecto de dos ingenieros militares: Prosper Verboom y Juan Martín Cermeño. El proyecto muestra ciertas similitudes formales con el plan Cerdà.

<sup>32</sup> El artículo de Ruperto Lacosta ([1859] 1971) contra el plan Cerdà ejemplifica claramente este tipo de urbanismo.

lidad y fluidez en el tráfico no merecían atención especial. De hecho, por lo que respecta al trazado de los proyectos, las preocupaciones de orden *monumental* –tan patentes en las propuestas de ensanche de los arquitectos–<sup>33</sup> se consideraban prioritarias y primaban sobre los aspectos funcionales.

Por otro lado, en lugar de desarrollar una forma de “ingeniería de lo social”, se prefería utilizar formas más arcaicas de control urbano como el mantenimiento de los desequilibrios entre centro y periferia, y la proyección de la desigualdad social en el trazado mismo de los proyectos (introduciendo una jerarquía explícita en la distribución de calles y avenidas). Por lo que respecta a los procedimientos económicos, el deseo de reducir la expropiación y de preservar la propiedad privada era dominante. Ello tenía dos implicaciones principales para los proyectos urbanísticos: a) la anchura de las calles era considerablemente menor –aunque a ello contribuía también la poca atención prestada a la cuestión de la movilidad– y b) la reforma del casco antiguo se veía considerablemente reducida.

### Urbanismo insurreccional

El marco tecnológico de la clase obrera que puede reconstruirse a partir de uso obrero del espacio urbano durante los períodos de confrontación social manifiesta, consistía básicamente en lo que podría llamarse un urbanismo de la *insurrección*<sup>34</sup>. Se trataba, por lo tanto, de un urbanismo que actuaba a destellos: la duración de su obra coincidía absolutamente con la duración de la insurrección urbana –es decir, con aquellos momentos históricos en que la clase obrera entraba abruptamente en el *espacio de negociación*<sup>35</sup> sobre la forma urbana. La experiencia adquirida en la confrontación social en el interior de la fábrica, que suponía un considerable bagaje de habilidades y conocimientos operativos a cerca de (cómo obstaculizar e interrumpir) la producción y la organización industrial, se trasladó al campo más amplio del espacio urbano.

Uno de los puntos culminantes de este proceso de territorialización de la confrontación social es la explosión revolucionaria de julio de 1909. A partir del análisis histórico de los hechos acaecidos y de las formas territoriales de la insurrección,<sup>36</sup> pueden identificarse tres estrategias principales de acción, dentro del marco urbanístico obrero. En primer lugar, la apropiación directa de la calle –tanto dentro como fuera de las áreas proletarias– que se oponía particularmente a la

<sup>33</sup> Uno de los proyectos presentados en el concurso municipal, el de Josep Fontserè, llegaba al extremo de incluir dos áreas del ensanche en que las calles dibujaban los emblemas de Cataluña y Barcelona respectivamente.

<sup>34</sup> El mejor estudio histórico de este urbanismo insurreccional proletario en la Barcelona de finales del XIX y principios del XX, es sin duda la obra de López Sánchez (1993).

<sup>35</sup> El concepto de *espacio de negociación* ha sido introducido en el estudio social de la tecnología por Callon y Law (1989).

<sup>36</sup> Véanse, respectivamente, las obras de Ullman (1972) y López Sánchez (1993).

estructura jerarquizada de la ciudad –manifiesta en el ensanche desde la década de los 70 (García Espuche 1990a)–, según la distribución de clases. En segundo lugar, los ataques a los edificios alienos a la comunidad o emblemáticos de la autoridad (Ullman, 1972, 363) –comisarías de policía, iglesias, etc.– que constituían, tanto una defensa directa frente a las instituciones tradicionales de represión o control social, como el contrapunto obrero al monumentalismo de la ciudad burguesa –especialmente defendido desde el marco arquitectónico. Por último, quizás el elemento técnico y estratégico más importante e idiosincrásico de este urbanismo insurreccional: las *barricadas*. La construcción de estas infraestructuras de la revuelta puede considerarse, de hecho, un termómetro bastante fiable de las explosiones revolucionarias en Barcelona.

Las barricadas eran la respuesta directa y puntual de la clase obrera a la creciente demanda burguesa de movilidad y fluidez de tráfico en la metrópolis capitalista emergente.<sup>37</sup> La barricada constituye un artefacto extremadamente eficiente para bloquear las vías urbanas y detener el tráfico de mercancías, tropas y vehículos. Son a la estructura urbanística de la ciudad, lo que el sabotaje o la huelga al proceso de producción en la fábrica. En ese sentido, constituyen el contrapunto proletario al proceso de taylorización de la ciudad-fábrica –tan característico del marco ingenieril.

## RETÓRICA

A finales de la década de 1850, los tres marcos tecnológicos recibían apoyo de grupos sociales considerablemente poderosos. Por un lado, tenemos al Ayuntamiento (con el partido moderado como principal fuerza política representada), los propietarios de intramuros, los arquitectos y el Ministerio de la Gobernación. Por otro, a Cerdà, al Ministerio de Fomento, al grupo profesional de los ingenieros y a algunos miembros de la burguesía industrial y financiera catalana. Los propietarios del ensanche fluctúan entre ambos marcos y muestran una estrategia de acción bastante oportunista. Por último, el movimiento emergente de la clase obrera, que ya había dado muestras de su considerable poder de acción durante las primeras huelgas generales declaradas en Barcelona (1854) y Cataluña (1855).

La “batalla” por el ensanche de Barcelona constituye, pues, un episodio histórico en el que diversos marcos tecnológicos rivales luchan por el dominio global. Se trata de una situación en la que el cambio sociotécnico tiene lugar a partir de la competencia entablada entre diversos grupos de actores, que disponen de una fuerza global similar y que actúan bajo distintos marcos tecnológicos. En este tipo de *configuración sociotécnica*,<sup>38</sup> los argumentos, criterios y considera-

<sup>37</sup> Véase Dupuy y Robert (1979).

<sup>38</sup> En Bijker (1994b) se exploran distintas configuraciones sociotécnicas, atendiendo a la relación entre marcos tecnológicos.

ciones que son válidos en un marco suelen ser escasamente relevantes para las demás. El análisis de la controversia explícita entre las estructuras ingenieril y arquitectónica –los trabajadores no tenían acceso al debate explícito– muestra el fracaso de los intentos para alcanzar la *clausura* del conflicto por medio de una *redefinición* consensual del problema.<sup>39</sup> Ninguno de los dos grupos de actores pudo conseguir que sus opositores entraran en su propio marco de debate.

Este fracaso se hace particularmente evidente en los argumentos esgrimidos tras la decisión del jurado del concurso en favor del plan Rovira. Mientras que Cerdà rehuye intervenir en una discusión acerca de las características monumentales y artísticas de su plan, los arquitectos y el Ayuntamiento rechazan la relevancia de los datos estadísticos sociales aportados por el ingeniero. El trazado regular del plan Cerdà fue criticado duramente por los arquitectos porque, en su opinión, introducía un grado extremo de *monotonía* en la nueva ciudad.<sup>40</sup> Según ellos, el plan mostraba escasa imaginación y proyectaba una ciudad puramente mecanicista en que las consideraciones artísticas no jugaban ningún papel. En su lugar, defendían una ciudad monumental en la que el diseño arquitectónico pudiera expresarse con toda su fuerza, incluso en el trazado mismo de calles y avenidas.

Cerdà, por su parte, dejaba clara su postura al respecto: “Hasta el presente, cuando se ha tratado de fundar, reformar o ensanchar una población, nadie se ha ocupado de otra cosa que de la parte artística y monumental. Se ha prescindido por completo del número, clase, condición, carácter y recursos de las familias que debían ocuparla. Se ha sacrificado a la belleza y a la grandiosidad de determinados detalles la economía política y social del conjunto de la ciudad, o de sus habitantes, que en buena lógica debiera ser el verdadero punto de partida en estudios de esta naturaleza” (Cerdà [1859b] 1991, 329). Su crítica de la interpretación arquitectónica del ensanche se formula, por lo tanto, como una falta completa de fundamentación –en términos de ciencia social– de los proyectos urbanísticos.

Siendo el intercambio de argumentos tan estéril y, por lo tanto, la construcción del consenso tan difícil, ciertos criterios externos –en principio– a ambos marcos, empezaron a adquirir un peso decisivo en la controversia. Son lo que denominaremos *estrategias retóricas*, que, en este tipo de configuraciones, son un recurso bastante común.<sup>41</sup>

<sup>39</sup> Misa (1992) analiza distintos mecanismos de *clausura* de los conflictos tecnológicos.

<sup>40</sup> Cerdà sostenía que habían confundido el trazado del plan sobre el papel, con la realidad tridimensional (Cerdà [1859a] 1971).

<sup>41</sup> Al hablar de elementos retóricos no suponemos, naturalmente, que el resto de elementos que intervienen en la controversia deban dejarse en el dominio de “la lógica, la razón y los detalles técnicos”. ‘Retórica’ se refiere aquí al hecho de que ciertos argumentos se construyen utilizando recursos externos a un marco tecnológico, pero que pueden ser particularmente llamativos para el público general.

El principal argumento retórico esgrimido por Cerdà consistía en defender a ultranza el carácter científico de su plan. El “compromiso con la ciencia” era sin duda un elemento importante de la estructura ingenieril, pero ningún ingeniero había osado afirmar, hasta entonces, que un proyecto urbanístico pudiera “derivarse” de una *teoría científica* previa del urbanismo. Eso es, precisamente, lo que sitúa a Cerdà en una posición tan especial dentro de la historia del urbanismo.

Uno de los ejemplos más destacables del deseo de Cerdà de presentar su proyecto bajo un halo científico, lo constituye la extraña y sorprendente fórmula que desarrolló para “determinar” la anchura de las manzanas:<sup>42</sup>

$$x = \frac{pv - 2bd}{d} + \sqrt{\frac{pv}{d^2 f} (pvf - 4bdf - 4b^2 d)}$$

Donde x es el lado de la manzana, 2b la anchura de la calle, f la profundidad del edificio, d la altura de la fachada, v el número de habitantes por casa y p el número de metros cuadrados de superficie por persona.

Prácticamente sin ninguna explicación adicional, Cerdà asigna a las distintas variables los siguientes valores: 2b=20m, f=20m, d=20m, v=43 y p=40. El resultado es, naturalmente, 113,3 m, la distancia actual entre las manzanas del ensanche de Barcelona. En cualquier caso, Cerdà tampoco explica en absoluto el significado de dicha fórmula matemática ni clarifica su origen.<sup>43</sup>

Su uso de la presentación “científica” debe entenderse como un mecanismo retórico de legitimación, destinado a mantener los detalles técnicos de su proyecto al margen de la controversia, convirtiéndolos en hechos científicos “duros”. Una vez más, podemos apreciar la importancia de la retórica de la ciencia natural en el establecimiento de la credibilidad para un proyecto tecnológico.<sup>44</sup> Cerdà afirmaba que su plan se apoyaba de hecho en la realidad (social) representada objetivamente por la ciencia (social) y no, simplemente, en sentimientos o valores estéticos subjetivos.

Sus oponentes, sin embargo, hallaron un arma retórica mucho más poderosa que el énfasis en los supuestos fundamentos científicos del plan. Algunos periódicos empezaron a publicar artículos en los que se presentaba a Cerdà como un “esclavo” del gobierno central en Madrid. El Partido Moderado catalán logró convertir el ensanche de Barcelona en una cuestión nacionalista y al mismo Cerdà en un traidor a Cataluña, que luchaba contra el Ayuntamiento en nombre del gobierno del estado: alguna vez se le llegó a acusar incluso de no ser catalán!

<sup>42</sup> La fórmula se introduce en Cerdà ([1855] 1991, 413).

<sup>43</sup> De Solà-Morales sugiere que el tamaño de la manzana se determina *ad hoc* con objeto de satisfacer ciertas consideraciones previas en torno al trazado (de Solà-Morales 1991).

<sup>44</sup> Véase Pinch, Ashmore y Mulkay (1992, 274).

Este argumento retórico (puesto que, en realidad, sólo una parte del gobierno apoyaba a Cerdà y no toda la sociedad catalana, ni mucho menos, estaba en su contra) fue considerablemente exitoso y duradero. Unos sesenta años más tarde, la Liga Regionalista insistió en utilizar el plan Cerdà como muestra paradigmática de los agravios centralistas contra la autonomía catalana. Puig i Cadafalch, destacado miembro del partido y uno de los más importantes arquitectos modernistas, se tomó el asunto como una cuestión personal. No sólo hizo valoraciones tremendamente negativas del plan siempre que pudo, sino que se dedicó con gran empeño a la tarea de destruir la obra de Cerdà. Mandó a su librero que reuniera y quemara tantos ejemplares del tratado de urbanismo de Cerdà como pudiera, y diseñó deliberadamente su Hospital de la Santa Creu i Sant Pau –joya del modernismo catalán– con una orientación opuesta a la retícula geométrica del ensanche –tal y como aún puede observarse.

De hecho, la imagen del plan Cerdà como ataque a la autonomía catalana se convirtió durante mucho tiempo en el principal *leitmotif* de la mayor parte de obras históricas escritas sobre el tema y, como consecuencia de ello, la obra de Cerdà no ha sido objeto de estudio detallado hasta hace sólo tres décadas. Por otro lado, la lectura nacionalista del proceso ha sido interpretada también como un elemento retórico empleado por un sector de la burguesía catalana para dividir al proletariado urbano de Barcelona, que en esa época empezaba a contar con un componente creciente de emigración no catalana.

## LA CONSTRUCCIÓN DE BARCELONA

En situaciones como ésta, en que no existe un marco tecnológico claramente dominante, el proceso de estabilización se convierte en una amalgama de los distintos intereses en conflicto<sup>45</sup>. En las batallas que tienen lugar en tales circunstancias, nadie alcanza una victoria total. En el caso del ensanche de Barcelona, incluso el Real Decreto promulgado en 1860, expresando la decisión final del gobierno, puede interpretarse como una solución de compromiso entre los dos grupos de actores sociales en que se sustentaban los marcos ingenieril y arquitectónico. El trazado de Cerdà fue aprobado, pero sus directrices económicas y las ordenanzas de construcción se dejaron de lado.

Ambos elementos no eran un mero apéndice burocrático al proyecto. No es casual que su elaboración fuera de hecho la tarea que más esfuerzo requirió del propio Cerdà. Ya hemos hablado anteriormente del plan económico. Las ordenanzas de construcción no eran menos importantes para el desarrollo del ensanche. Debían establecer las condiciones físicas de cada nuevo edificio (las alturas máxima y mínima, la anchura y la profundidad; la situación con respecto a los edificios adyacentes, etc.) y la estructura de las manzanas (cuánto terreno debían ocupar las construcciones en cada manzana, dónde debían colocarse los edificios

<sup>45</sup> A veces se habla de “*amortization of vested interests*” (Hughes, 1983; Bijker, 1987).

–¿en uno, dos, tres o cuatro, de los lados?–, qué ocurriría con el terreno interior, etc.).

Las ordenanzas de construcción de Cerdà eran muy exigentes en términos de densidad, higiene y salubridad. En particular, las construcciones no debían sobrepasar el 50 % de la superficie –el 50 % restante debía ser utilizado para jardines–, los edificios sólo podían situarse en dos de los cuatro lados de manzana, y debían construirse con una altura inferior a 20 m y una profundidad que variaba entre 15 y 20 m. De hecho, tras del Real Decreto, el frente principal de la batalla se trasladó al plan económico y a las ordenanzas –aunque el trazado tampoco iba a estar a salvo de nuevos ataques. Junto con el Ayuntamiento y los propietarios de intramuros, los propietarios del ensanche iban a enfrentarse decididamente a las propuestas cerdánicas en dichos ámbitos. El proceso de ejecución se desarrolló en realidad como un continuo proceso de modelado social de la ciudad, en el que pequeñas modificaciones fueron acumulándose, resultando finalmente en cambios considerables.

Este proceso era ya manifiesto en la última versión del proyecto que Cerdà presentó al gobierno en 1859. Se habían introducido importantes modificaciones con respecto al plan preliminar de 1855. Tales cambios fueron una consecuencia clara de la controversia y es evidente que Cerdà los introdujo con objeto de reducir la resistencia mostrada por sus oponentes –principalmente los propietarios. La anchura media de las calles se había reducido de 35 a 20-30 m; la preocupación explícita por la construcción de viviendas obreras, como medio para conseguir una ciudad más igualitaria, se había eliminado por completo; la profundidad de los edificios se extendió a 20 m en todos los casos; y la distribución regular de parques (que antes cubrían más de 82 hectáreas) y de otros equipamientos cambió de forma que pasaron a considerarse elementos meramente indicativos y no vinculantes.<sup>46</sup>

Tras el Real Decreto de 1861, la primera batalla importante tuvo lugar en torno a la ley de ensanches. Ese año el gobierno había elaborado la Ley para la Reforma, Saneamiento, Ensanche y Otras Mejoras de la Ciudad, cuyos 40 artículos mostraban una clara influencia del plan económico de Cerdà para el ensanche de Barcelona (Bassols, 1992). Desafortunadamente para el ingeniero, la reacción de los propietarios en todo el estado fue muy violenta y dio al traste con la ley. La nueva Ley de Ensanches de 1864 tenía muy poco que ver con las ideas cerdánicas. Estaba claro que los propietarios del ensanche iban a tener en adelante una intervención más determinante, puesto que el plan debía ejecutarse sobre sus posesiones. Su apoyo previo a Cerdà, con objeto de acelerar el proceso de decisión sobre el proyecto, se truncó en una oposición sistemática.

Por lo que respecta a las ordenanzas de construcción, tuvo lugar un proceso muy similar. En este caso, la presión ejercida por el Ayuntamiento fue suficiente para conseguir que las ordenanzas de Cerdà no fueran aprobadas. Como resultado de ello, las ordenanzas previas del 1857 –muy débiles en términos de densi-

<sup>46</sup> Véase al respecto Grau (1990).

dad de construcción e higiene y centradas, casi exclusivamente, en el aspecto externo de las fachadas –permanecieron válidas hasta 1891 (Sabaté, 1990 y 1992).

En tales circunstancias la posición de Cerdà como experto del gobernador civil a cargo de la ejecución del ensanche, se debilitaba continuamente por las exigentes demandas de los propietarios. De hecho, con objeto de promover el proceso de construcción –deliberadamente congelado por los propietarios durante 1861 en una especie de *lockout* empresarial– Cerdà tuvo que aceptar una nueva y crucial tanda de modificaciones en su plan: las manzanas empezaron a cerrarse (se construía en los cuatro lados); se permitió que estrechos pasajes (rémoras de la ciudad medieval) dividieran en dos algunas de las manzanas; la profundidad de los edificios alcanzó los 24 m (reduciéndose así el espacio interior para jardín); y la parte central de la retícula fue adaptada al trazado preexistente del Passeig de Gràcia.

Otras modificaciones importantes se introdujeron durante las primeras tres décadas del plan, para satisfacer el deseo de los propietarios de reducir el espacio público de las calles –y aumentar consecuentemente el terreno edificable. La calle Aragón, proyectada con 50 m de anchura, se redujo a 30 m y el cruce entre Gran Vía y Urgell fue estrechado sustancialmente.

Los propietarios llegaron incluso a intentar eliminar los chaflanes (uno de los elementos más peculiares del plan Cerdà) en las grandes avenidas, para intentar ganar unos pocos metros más de suelo edificable. Uno de sus representantes más destacados –el célebre Manuel Gilbert– llegó a sugerir al Ayuntamiento que vendiera la franja central de la Gran Vía –que consideraba demasiado ancha– para poder construir en ella edificios –en palabras de Mumford: “The desire to utilize every square foot of rentable space dominated the owner” (Mumford, 1961, 428).

Además, una estructura jerarquizada se superpuso progresivamente a la retícula geométrica regular. La zona alrededor del Passeig de Gràcia fue considerada cada vez más un espacio residencial de calidad para la aristocracia y la alta burguesía. Los precios de la tierra y de los bienes inmuebles se establecían en función de la proximidad al Passeig de Gràcia. Como consecuencia de este (lento pero decidido) proceso, durante la década de 1890 la parte derecha del ensanche, había alcanzado un mayor nivel de calidad y prestigio que la parte izquierda (García Espuche, 1990a y 1990b). Vivir en el lado derecho del ensanche fue durante mucho tiempo un signo inequívoco de distinción social.

Esta ‘traición’ al plan está, además, relacionada con otra importante desviación respecto al proyecto de Cerdà. De hecho el proceso de jerarquización y el contraste entre el lado derecho y el izquierdo del ensanche, eran el reflejo de una asimetría más antigua entre las dos mitades de la ciudad antigua.<sup>47</sup> La transferencia de ese contraste a la nueva ciudad indicaba que el ensanche se estaba desarrollando como un apéndice de la ciudad antigua, y no al revés.

<sup>47</sup> Véase al respecto Cañellas y Toran (1990).

Pero quizás, las modificaciones más importantes fueron aquellas que tuvieron que ver con la estructura de la manzana. En ese sentido, no sólo fue crucial el rechazo de las ordenanzas de construcción de Cerdà, sino el hecho de que los propietarios fueran lo suficientemente poderosos como para actuar por encima de las ordenanzas vigentes, sin una oposición clara del Ayuntamiento. En 1872, el 90 % de los edificios en el ensanche se encontraban al margen de las ordenanzas –“fuera de ordenanzas”. Ya en 1890, los edificios ocupaban el 70 % de la superficie de manzana y el volumen de edificación, que según las ordenanzas de Cerdà no debía sobrepasar los 67.200 m<sup>3</sup>, alcanzó los 294.771,63 m<sup>3</sup>.

La reforma del casco antiguo constituía también una parte muy importante del plan Cerdà. El mismo Cerdà siempre presentó la reforma y el ensanche como partes indisociables de la nueva Barcelona. Según su plan, la reforma era simple aunque ciertamente ambiciosa: tres avenidas –dos perpendiculares y una transversal– debían ser abiertas a través del tejido irregular del casco viejo, como prolongaciones de otras tantas avenidas del ensanche. Los trabajos para la apertura de la primera calle –la actual Via Laietana– hubieron de esperar, sin embargo, 48 años desde la aprobación del proyecto y, aunque a menudo se cita la fuerte oposición de los propietarios como causa de ese considerable retraso, hemos de señalar que problemas similares se produjeron en el caso del ensanche y fueron superados, sin embargo, mucho antes.

El problema particular que se planteaba con la reforma era que en ella había implicada una confrontación, no sólo con el marco tecnológico arquitectónico, sino con el marco urbanístico obrero. Mientras que el ensanche pudo ser construido –como hemos visto– con un nivel de acuerdo relativamente bajo entre los actores sociales agrupados en los marcos ingenieril y arquitectónico, se hizo evidente que la reforma sólo sería posible si un consenso significativo podía establecerse entre ambos, con objeto de aunar fuerzas contra el marco obrero. Las tres avenidas de la reforma no eran meramente un medio para conseguir grados más altos de movilidad y tráfico en un espacio vacío, sino que constituían tres *incisiones* urbanísticas en la fortaleza proletaria de la ciudad antigua.<sup>48</sup>

En 1908, cuando la primera parte del plan Baixeras para la reforma –casi idéntico al plan Cerdà– fue llevada a cabo finalmente, la reforma era ante todo un intento radical de acabar con la hegemonía obrera en el área. Dicha hegemonía, que en parte era consecuencia del traslado gradual de la burguesía al ensanche, se convertía en intolerable para las clases dominantes, puesto que amenazaba continuamente el nuevo orden capitalista de la ciudad-fábrica: durante la huelga general de 1902, por ejemplo, la ciudad antigua se convirtió en una fortaleza obrera prácticamente inexpugnable. La nueva figura del urbanismo encumbrada por la burguesía catalana, el francés Jaussely, lo expresaba de la si-

<sup>48</sup> Los términos utilizados para denominar esa clase de operaciones urbanísticas son altamente expresivos: *éventrement* en francés y *sventramento* en italiano –el equivalente castellano debería ser “destripamiento”. Posteriormente, la terminología fue considerablemente suavizada: *percée* en francés y *durchführung* en alemán.

guiente forma: “Cuanto más complejos son los engranajes en esta fábrica [la ciudad], mayor es el orden que se requiere...”.<sup>49</sup>

El consenso entre la vieja elite aristocrática y los nuevos ricos capitalistas fue, entonces, una condición esencial para implantar el nuevo orden urbano en la ciudad proletaria. Esta condición sólo pudo realizarse una vez que el artefacto ensanche hubo alcanzado un cierto grado de *estabilidad*<sup>50</sup> en la zona extramuros –como resultado del proceso de amalgamación de intereses entre los otros dos marcos, del que ya hemos hablado. El *momentum* alcanzado por el desarrollo del ensanche y el acuerdo final entre capital público y privado, sirvieron de base a la primera fase de la reforma –la apertura de la Via Laietana.

La respuesta de la clase obrera fue, sin embargo, contundente e impresionante. En julio de 1909, cuando aún sonaban los ecos de las celebraciones burguesas por las primeras demoliciones en la futura Via Laietana, el marco urbanístico obrero entró en acción de forma espectacular:<sup>51</sup> alrededor de 7.000 m<sup>2</sup> de pavimento fueron levantados con objeto de fabricar barricadas; un gran número de iglesias, conventos y edificios oficiales fueron quemados y destruidos; las calles fueron ocupadas por grupos de obreros y la ciudad entera quedó completamente aislada (dejaron de funcionar teléfonos, telégrafos, trenes, etc.) y paralizada (tanto el flujo de mercancías como los procesos de producción, quedaron interrumpidos). El sistema urbano quedó bloqueado durante siete días. La burguesía lo llamó la Semana Trágica.

## EL ENFOQUE CONSTRUCTIVISTA

A veces se afirma que los únicos elementos del plan Cerdà que permanecen en el ensanche de la Barcelona actual son los árboles en las aceras, los chaflanes y la anchura de las calles. En términos de los marcos tecnológicos urbanísticos que hemos apuntado, y a grandes rasgos, puede decirse que la ciudad obtuvo los atributos de movilidad y fluidez en el tráfico del marco ingenieril, mientras que la distribución jerárquica y la alta densidad de edificación fueron logros del marco arquitectónico. El rastro del marco tecnológico obrero debe buscarse en el tormentoso desarrollo de la reforma y en el hecho de que sólo su primera fase pudiera llevarse a cabo.

Desde un punto de vista metodológico este capítulo ha querido mostrar la idoneidad del enfoque constructivista para el análisis de un caso específico en la historia del urbanismo. La imagen obtenida de este modo no dista mucho de los resultados ofrecidos por los estudios constructivistas, durante los últimos años, en

<sup>49</sup> Citado López Sánchez (1993, 63).

<sup>50</sup> El concepto de *estabilidad* hace referencia a la disminución de la flexibilidad interpretativa en torno a un artefacto.

<sup>51</sup> El detonante de la revuelta fue la decisión gubernamental de reclutar a la mayoría de soldados para la impopular guerra contra Marruecos, entre la población catalana.

otras parcelas –“duras” o artefactuales– de la historia de la técnica. Por un lado, las características de un artefacto estabilizado –se trate de una ciudad o de un misil balístico– no se derivan simplemente de un núcleo de conocimientos puramente técnicos o científicos, sino que se construyen también mediante decisiones contingentes, acuerdos, imposiciones y negociaciones entre distintos grupos sociales. Por otro lado, los conflictos tecnológicos no pueden explicarse de forma absoluta a partir de una estructura sólida y estable de factores sociales, dado que la constitución misma de los grupos sociales relevantes en una controversia, viene dada, al menos en parte, por la existencia previa de marcos tecnológicos desarrollados en torno a artefactos o técnicas estabilizadas en el pasado. De hecho, como hemos visto en el caso del ensanche, la configuración social de grupos relevantes varió, en parte, como consecuencia del desarrollo mismo de la controversia.

A veces se resume abreviadamente la “moraleja” de este tipo de estudios en la conocida tesis de la *construcción social de la tecnología*. Merece la pena hacer dos puntualizaciones al respecto. La primera es que la tesis de la construcción social de la tecnología debe distinguirse cuidadosamente de la idea trivial –presente a veces en algunas versiones críticas 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 de sus aspectos, como la flexibilidad interpretativa de los artefactos técnicos– no resulta algo obvio, en la mayoría de los casos, y necesita demostrarse de forma rigurosa. 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.

La segunda puntualización hace referencia al uso del término ‘social’, en el contexto de los estudios sociales de la ciencia y la tecnología. 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* en la *sociología del conocimiento científico* 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 determinados 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 científica.<sup>52</sup> 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 cientí-

<sup>52</sup> Aunque el programa fuerte y el enfoque mertoniano resuelven, obviamente, de forma muy diferente la relación entre ambos polos.

fica 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’ superfluo.<sup>53</sup>

La perspectiva constructivista se desmarca, por consiguiente, 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.<sup>54</sup> 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. Metodológicamente se suelen traducir en la inclinación a poner, de un lado, las razones “técnicas” 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 tecnología,<sup>55</sup> 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.

### ¿De la sociología del conocimiento científico a la sociología de la tecnología?

Algunos de estos malentendidos sobre la perspectiva constructivista provienen, sin duda, de su vínculo histórico con la sociología del conocimiento científico. De hecho, a menudo se suele presentar la nueva sociología de la tecnología

<sup>53</sup> Por esa razón, el término ‘social’ ha desaparecido en el subtítulo de la segunda edición de *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 se ha despojado de significado lo ‘social’” (p. 281).

<sup>54</sup> La obra de Pacey (1990) es característica en este sentido.

<sup>55</sup> Parte de la obra de MacKenzie y Wacjman (1985), por ejemplo, sugiere una posición de ese tipo.

como una mera aplicación de los principios metodológicos y teóricos de la sociología del conocimiento científico al terreno de los artefactos tecnológicos. Algunos sociólogos de la ciencia, incluso, 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 fuerte.<sup>56</sup> 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 Callon<sup>57</sup>. El núcleo del conflicto reside en gran parte en la incompatibilidad entre los puntos de vista que hemos expuesto más arriba 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 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 aproblemática 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 naturale-

<sup>56</sup> 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 descosos 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).

<sup>57</sup> En el mismo volumen se incluye la réplica de Callon y Latour (1992), así como la contraréplica de Collins y Yearly (1992b).

za, 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 para dar cuenta de la realidad. 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).

### El ámbito de lo sociotécnico

La sociología de la tecnología, por el contrario, no concede un estatus privilegiado a lo social. Las entidades sociales (grupos sociales relevantes, intereses, instituciones, etc.) se consideran fenómenos emergentes que se producen como efecto –y no cómo 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 *coproducen* 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 movediza. 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 –el proyecto de ensanche de Barcelona constituye un ejemplo paradigmático en ese sentido.

Tanto el enfoque constructivista social como la teoría del actor-red comparan el rechazo explícito al reduccionismo social que Collins y Yearly han defendido, con una cierta dosis de cinismo, con el concepto de *meta-alternancia*<sup>58</sup>.

<sup>58</sup> Véase Collins y Yearly (1992a).

Aunque nosotros hemos comenzado nuestro 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 *marco tecnológico* y el de *grado de inclusión* en el mismo 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 y técnicas estabilizadas 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 postwittgensteniano— 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 socio-técnicos, 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 individuos, 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.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aibar, E. (1995a): "Technological Frames in a Town Planning Controversy: Why we do not have to drop Constructivism to avoid Political Abstinence". En: Carl Mitcham (ed.). *Social and Philosophical Constructions of Technology. Research in Philosophy and Technology* Vol. 15; Greenwich (Connecticut). Jai Press. Pp. 3-20.
- Aibar, E. (1995b): "Urbanismo y estudios sociohistóricos de la tecnología". *LLULL. Revista española de Historia de las ciencias y de las técnicas*. Vol. 18. Pp. 5-33.
- Aibar, E. y W. Bijker (1997): "Constructing a City: The Cerdà Plan for the Extension of Barcelona". *Science, Technology and Human Values*, vol. 22, n.1. Pp. 3-30.
- Badenes, Ricard (1991): *Derrota i empenta: el segle XVIII*. Barcelona. Barcanova.
- Bassols Coma, M. (1992): "La influència del projecte d'Ildefons Cerdà en la legislació de l'eixample". En: J. Busquets i Grau *et al.* (eds.). *Treballs sobre Cerdà i el seu Eixample a Barcelona*. Barcelona. Ajuntament de Barcelona. Pp. 132-145.
- Bijker, W.E. (1987): "The Social Construction of Bakelite: Toward a Theory of Invention". En: W.E. Bijker, T. 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. 159-187.
- Bijker, W.E. (1992): "The Social Construction of Fluorescent Lighting, or How an Artifact Was Invented in Its Diffusion Stage". En: W.E. Bijker y J. Law (eds.). *Shaping Technology/Building Society. Studies in Sociotechnical Change*. Cambridge (MA). MIT Press. Pp. 75-102.
- Bijker, W.E. (1994a): "SocioHistorical Technology Studies, illustrated with examples from coastal engineering and hydraulic technology". En: Jasanoff, Markle, Petersen y Pinch (eds.). *Handbook of Science, Technology and Society*. London. 4S/ Sage.

- Bijker, W.E. (1994b): *On Bicycles, Bakelite, and Bulbs. Elements for a Theory of SocioTechnical Change*. Cambridge (MA). MIT Press.
- Bohigas, O. (1963): *Barcelona entre el Pla Cerdà i el barraquisme*. Barcelona. Edicions 62.
- Bohigas, O. (1985): *Reconstrucció de Barcelona*. Barcelona: Edicions 62.
- Bonet Correa, A. (1982): "Los 'ensanches' y el urbanismo burgués del siglo XIX en España". *Storia della citta*, (23). Pp. 27-34.
- Bonet Correa, A., F. Miranda y S. Lorenzo (1985): *La polémica ingenieros-arquitectos en España. Siglo XIX*. Madrid. Ed. Turner/Colegio de Ingenieros de Caminos.
- Busquets i Grau, J. (1993): *Barcelona. Evolución urbanística de una capital compacta*. Madrid. Mapfre.
- Callon, M. (1986): "Some Elements of a Sociology of Translation: Domestication of the scallops and the Fishermen of St. Brieuç Bay". En: J. Law (ed.). *Power, Action, and Belief: A New Sociology of Knowledge*. Sociological Review Monograph 32. Londres. Routledge/ Kegan Paul.
- Callon, M. y B. Latour (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.
- Callon, M. y J. Law (1989): "On the Construction of Sociotechnical Networks: Content and Context Revisited". *Knowledge and Society*, 9. Pp. 57-83.
- Cañellas, C. y R. Toran (1990): "Heterogeneïtat urbana, desplaçaments geogràfics i canvis polítics". En: F. Sagarra et al. *La formació de l'Eixample de Barcelona. Aproximacions a un fenomen urbà*. Barcelona. Fundació Caixa de Catalunya/Col·legi d'Arquitectes de Catalunya. Pp. 189-202.
- Castells, M. (1983): *The City and the Grassroots: A Cross-cultural Theory of Urban Social Movements*. Berkeley. University of California Press.
- Cerdà i Sunyer, I. [1855] (1991): "Teoría de la Construcción de las ciudades aplicada al Proyecto de Reforma y Ensanche de Barcelona (1859)". Reproducido en: I. Cerdà i Sunyer. *Teoría de la Construcción de las Ciudades*. Vol. I. Cerdà y Barcelona. Madrid. Ed. INAP/Ajuntament de Barcelona. Pp. 107-450.
- Cerdà i Sunyer, I. [1859a] (1971): "Juicio crítico de la exposición pública de planos y proyectos para la reforma y ensanche de Barcelona, mandada por Real orden de 17 de septiembre último e inaugurada por el Excmo. Ayuntamiento en 29 de octubre de 1859". Reproducido en: I. Cerdà i Sunyer. *Teoría general de la urbanización y aplicación de sus principios y doctrinas a la reforma y ensanche de Barcelona*. Vol. 3. Madrid. Instituto de Estudios Fiscales. Pp. 421-438.
- Cerdà i Sunyer, I. [1859b] (1991): *Teoría de la Construcción de las Ciudades*. Vol. I. Cerdà y Barcelona. Vol. II. Cerdà y Madrid. Madrid. Ed. INAP/ Ajuntament de Barcelona.
- Cerdà i Sunyer, I. [1867] (1971): *Teoría general de la urbanización y aplicación de sus principios y doctrinas a la reforma y ensanche de Barcelona*. Madrid. Instituto de Estudios Fiscales, 3 vols.
- Collins, H. (1985): *Changing Order. Replication and Induction in Scientific Practice*. Chicago. The University of Chicago Press.

- Collins, H. y S. Yearly (1992a): "Epistemological Chicken". En: A. Pickering (ed.), *Science as Practice and Culture*. Chicago. The University of Chicago Press. Pp. 301-326.
- Collins, H. y S. Yearly (1992b): "Journey Into Space". En: A. Pickering (ed.), *Science as Practice and Culture*. Chicago. The University of Chicago Press. Pp. 369-389.
- Comisión de Propietarios del Ensanche. [1859] (1971): "Explicación del anteproyecto de ensanche de la ciudad de Barcelona aprobado por el Excmo. Ayuntamiento de la misma, con acuerdo del 6 de abril de 1858". Reproducido en: I. Cerdà i Sunyer. *Teoría general de la urbanización y aplicación de sus principios y doctrinas a la reforma y ensanche de Barcelona*. Vol. 3. Madrid. Instituto de Estudios Fiscales. Pp. 367-370.
- Comisión Permanente de Propietarios [1860] (1971): "Esposición elevada a S.M. por la Comisión permanente de propietarios de Barcelona, acerca del proyecto aprobado de reforma interior de dicha ciudad". Reproducido en: I. Cerdà i Sunyer. *Teoría general de la urbanización y aplicación de sus principios y doctrinas a la reforma y ensanche de Barcelona*. Vol. 3. Madrid. Instituto de Estudios Fiscales. Pp. 519-538.
- Coromines, M. (1992): "La urbanització del pla de Barcelona". En: J. Busquets i Grau *et al.* (eds.), *Treballs sobre Cerdà i el seu Eixample a Barcelona*. Barcelona. Ajuntament de Barcelona. Pp. 190-209.
- De Solà-Morales, M. (1991): "Cerdà urbanista". En: I. Cerdà i Sunyer. *Teoría de la Construcción de las Ciudades*. Vol. I. Cerdà y Barcelona. Madrid. Ed. INAP/Ajuntament de Barcelona. Pp. 23-26.
- De Solà-Morales, M. (1992): "Els Eixamples". En: J. Busquets i Grau *et al.* (eds.), *Treballs sobre Cerdà i el seu Eixample a Barcelona*. Barcelona. Ajuntament de Barcelona. Pp. 18-29.
- De Solà-Morales, M.; J. Busquets; M. Domingo; A. Font y J.L. Gómez Ordóñez (1974): *Barcelona. Remodelación capitalista o desarrollo urbano en el sector de la Ribera Oriental*. Barcelona. Gustavo Gili.
- Dosi, G. (1982): "Technological paradigms and technological trajectories: A suggested interpretation of the determinants and directions of technical change". *Research Policy*, 11. Pp. 147-162.
- Dupuy, J.P. y J. Robert (1979): *La traición de la opulencia*. Barcelona. Gedisa.
- Freeman, C. (1974): *The Economics of Industrial Innovation*. Harmondsworth. Penguin.
- García Espuche, A. (1990a): "El centre residencial burgès. 1860-1914". En: F. Sagarra *et al.* *La formació de l'Eixample de Barcelona. Aproximacions a un fenomen urbà*. Barcelona. Fundació Caixa de Catalunya/Col·legi d'Arquitectes de Catalunya. Pp. 203-222.
- García Espuche, A. (1990b): *El Quadrat d'Or. Centre de la Barcelona modernista: la formació d'un espai urbà privilegiat*. Barcelona. Lunweg.
- Giedion, S. (1941): *Space, Time and Architecture: The Growth of a New Tradition*. Cambridge (MA). Harvard U.P.

- Grau, R. (1990): "Naufragi de la teoria cerdaniana: els espais públics de Barcelona". En: F. Sagarra *et al.* *La formació de l'Eixample de Barcelona. Aproximacions a un fenomen urbà*. Barcelona. Fundació Caixa de Catalunya/Colegi d'Arquitectes de Catalunya. Pp. 97-114.
- Grau, R. y M. López (1988): "Les batalles per l'Eixample". En: R. Grau y M. López (eds.). *Exposició Universal de Barcelona. Llibre del Centenari. 1888-1988*. Barcelona. Ajuntament de Barcelona. Pp. 191-229.
- Grint, K. y S. Woolgar (1995): "On Some Failures of Nerve in Constructivist and Feminist Analyses of Technology". *Science, Technology and Human Values*, 20 (3). Pp. 286-310.
- Hughes, T. (1983): *Networks of Power: Electrification in Western Society, 1880-1930*. Baltimore. Johns Hopkins University Press.
- Junta Calificadora de los Planos. [1859] (1971): "Dictámen". Reproducido en: I. Cerdà i Sunyer. *Teoría general de la urbanización y aplicación de sus principios y doctrinas a la reforma y ensanche de Barcelona*. Vol. 3. Madrid. Instituto de Estudios Fiscales. Pp. 439-457.
- Knorr Cetina, K. (1981): *The Manufacturing of Knowledge: An Essay on the Constructivist and Contextual Nature of Science*. Oxford, New York. Pergamon.
- Konvitz, J.W., M.H. Rose y J.A. Tarr. (1990): "Technology and the City". *Technology and Culture*, 31 (2). Pp. 284-294.
- Lacosta, R. [1859] (1971): "Paralelo entre el proyecto de ensanche de Barcelona de D. Antonio Rovira y Trías, premiado por la Junta calificadora del certámen abierto por el Excmo. Ayuntamiento, y el proyecto de D. Ildefonso Cerdá espuesto el el concurso". Reproducido en: I. Cerdà i Sunyer. *Teoría general de la urbanización y aplicación de sus principios y doctrinas a la reforma y ensanche de Barcelona*. Vol. 3. Madrid: Instituto de Estudios Fiscales, 489-510.
- Latour, B. (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 S. Woolgar (1986): *Laboratory Life. The Construction of Scientific Facts*. Princeton. Princeton University Press. (Traducción al castellano: 1995. *La vida en el laboratorio. La construcción de los hechos científicos*. Madrid. Alianza).
- Law, J. (1987): "Technology and Heterogeneous Engineering: The Case of Portuguese Expansion". En: W.E. Bijker, T. 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.
- López Sánchez, P. (1993): *Un verano con mil julios y otras estaciones. Barcelona: de la Reforma Interior a la Revolución de Julio de 1909*. Barcelona. Siglo XXI.
- Lorenzo, S. (1985): "Recorrido histórico por la vinculación y desvinculación de las profesiones de arquitecto e ingeniero". En: A. Bonet Correa *et al.* *La polémica ingenieros-arquitectos en España. Siglo XIX*. Madrid. Ed. Turner/Colegio de Ingenieros de Caminos. Pp. 113-132.

- Mackenzie, D. y J. Wajcman. (eds.) (1985): *The Social Shaping of Technology*. Bristol (PA). Milton Keynes/Open University Press.
- Miranda, F. (1985): "El problema profesional: ingeniería/arquitectura". En: A. Bonet Correa *et al.* *La polémica ingenieros-arquitectos en España. Siglo XIX*. Madrid. Ed. Turner/Colegio de Ingenieros de Caminos. Pp. 77-112.
- Misa, T.J. (1992): "Controversy and Closure in Technological Change: Constructing 'Steel'". En: W.E. Bijker y J. Law (eds.). *Shaping Technology/Building Society. Studies in Sociotechnical Change*. Cambridge (MA): MIT Press. Pp. 109-139.
- Mumford, L. (1938): *The Culture of Cities*. San Diego. Harvest/HBJ.
- Mumford, L. (1961): *The City in History. Its Origins, Its Transformations and Its Prospects*. San Diego. Harvest/HBJ.
- Pacey, A. (1990): *La cultura de la tecnología*. México. FCE.
- Piccinato, G. (1973): *La costruzione dell'Urbanistica*. Roma. Officina Edizioni.
- Pinch, T., M. Ashmore y M. Mulkay (1992): "Technology, Testing, Text: Clinical Budgeting in the U.K. National Health Service". En: W.E. Bijker y J. Law (eds.). *Shaping Technology/Building Society. Studies in Sociotechnical Change*. Cambridge (MA). MIT Press. Pp. 265-289.
- Pinch, T. y W.E. Bijker (1987): "The Social Construction of Facts and Artifacts: Or How the Sociology of Science and the Sociology of Technology Might Benefit Each Other". En: W.E. Bijker, T. 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.
- Rose, M.H. y J.A. Tarr (eds.) (1987): "Issue devoted to 'The City and Technology'". *Journal of Urban History*, 14 (1).
- Rosen, C.M. (1989): "Book review of 'The City and Technology', edited by M.H. Rose and J.A. Tarr". *Technology and Culture*, 30 (4). Pp. 1070-72.
- Sabaté i Bel, J. (1990): "Vers l'ordenança de l'Eixample". En: F. Sagarra *et al.* *La formació de l'Eixample de Barcelona. Aproximacions a un fenomen urbà*. Barcelona. Fundació Caixa de Catalunya/Col·legi d'Arquitectes de Catalunya. Pp. 75-96.
- Sabaté i Bel, J. (1992): "Les ordenances de construcció". En: J. Busquets i Grau *et al.* (eds.). *Treballs sobre Cerdà i el seu Eixample a Barcelona*. Barcelona. Ajuntament de Barcelona. Pp. 220-241.
- Sagarra i Trias, F. (1990a): *Barcelona, ciutat de transició, 1848-1868. El projecte urbà a través dels treballs de l'arquitecte Miquel Garriga i Roca*. Escola Superior d'Arquitectura, Universitat Politècnica de Catalunya. Tesis doctoral.
- Sagarra i Trias, F. (1990b): "Barcelona dins del projecte industrialista català". En: F. Sagarra *et al.* *La formació de l'Eixample de Barcelona. Aproximacions a un fenomen urbà*. Barcelona: Fundació Caixa de Catalunya/Col·legi d'Arquitectes de Catalunya. Pp. 11-26.
- Soria i Puig, A. (1992): "El projecte i la seva circumstància o com l'individu Cerdà empenyé la tasca de fundar una teoria i refundar la seva ciutat". En: J. Busquets i Grau *et al.* (eds.). *Treballs sobre Cerdà i el seu Eixample a Barcelona*. Barcelona. Ajuntament de Barcelona. Pp. 30-75.

- Soria i Puig, A. *et al.* (1976): *Ildefonso Cerdà (1815-1876) Catálogo de la Exposición conmemorativa del centenario de su muerte*. Barcelona. Colegio de ingenieros de caminos, canales y puertos.
- Tarr, J.A. (1979): "Introduction to the issue on 'The City and Technology'". *Journal of Urban History*, (5). 275.
- Torres i Capell, M. (1985): "Introducción". En: M. Torres i Capell *et al.* *Inicis de la urbanística municipal de Barcelona*. Barcelona. Ajuntament de Barcelona. Pp. 9-11.
- Torres i Capell, M. *et al.* (1985): *Inicis de la urbanística municipal de Barcelona*. Barcelona. Ajuntament de Barcelona.
- Ullman, J.C. (1972): *La Semana Trágica. Estudio sobre las causas socio-económicas del anticlericalismo español, 1898-1912*. Barcelona. Ariel.
- Woolgar, S. (1991): "The Turn to Technology in Social Studies of Science". *Science, Technology and Human Values*, 16. Pp. 20-50.

**TÍTULOS PUBLICADOS**

---

- 1 La educación lingüística y literaria en la enseñanza secundaria**  
*Carlos Lomas (Coord.)*
- 2 Política, legislación e instituciones en la educación secundaria**  
*Manuel de Puellas (Coord.)*
- 3 La atención a la diversidad en la educación secundaria**  
*Elena Martín y Teresa Mauri (Coords.)*
- 4 Enseñar y aprender filosofía en la educación secundaria**  
*Luis M. Cifuentes y José M<sup>a</sup> Gutiérrez (Coords.)*
- 5 La orientación educativa y profesional en la educación secundaria**  
*Elena Martín y Vicent Tirado (Coords.)*
- 6 Enseñar y aprender ciencias sociales, geografía e historia en la educación secundaria**  
*Pilar Benejam y Joan Pagès (Coords.)*
- 7 Diseño y desarrollo del currículum en la educación secundaria**  
*Juan Manuel Escudero (Coord.)*
- 8 Psicología del desarrollo: el mundo del adolescente**  
*Eduardo Martí y Javier Onrubia (Coords.)*

*ice*  
.....



UNIVERSITAT DE BARCELONA



**HORSORI**  
EDITORIAL

Esta obra presenta un análisis de algunos de los aspectos más característicos de nuestra cultura tecnológica. La noción de progreso tecnológico, la forma en que determinados valores pueden incorporarse a las tecnologías que utilizamos, la relación entre los mecanismos políticos tradicionales y la toma de decisiones en torno a la ciencia y la tecnología, la imagen pública de la tecnología, la dinámica de las controversias tecnológicas, las fuerzas que inciden en la dirección del cambio tecnológico, son algunos de los temas centrales que nos han ocupado en los capítulos que siguen y que definen el ámbito de la cultura tecnológica. Parte del trabajo que aquí se expone va dirigido, justamente, a ofrecer una caracterización más precisa del concepto mismo de cultura tecnológica que, desde hace algunos años, viene siendo utilizado con profusión en distintos medios.

En cierto modo, se trata de un concepto provocativo o, como mínimo, polémico. Básicamente porque enlaza dos parcelas de la realidad, la cultura y la tecnología, que tradicionalmente han sido tratadas como ámbitos claramente diferenciados o, incluso, enfrentados. El convencimiento de los autores es, sin embargo, que la ciencia, la tecnología y la cultura constituyen sistemas altamente interconectados. Esta obra intenta, precisamente, describir y analizar algunos de los vínculos y procesos que los unen, así como, poner de relieve y discutir sus implicaciones teóricas y políticas más importantes.

De forma indirecta, esta obra constituye también una introducción al área temática de los estudios Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) proporcionando ejemplos específicos del tipo de análisis que los integran. Los trabajos que se presentan son, consecuentemente, exponentes de la práctica –heterogénea y variada– de los estudios CTS, más que discusiones metateóricas sobre el significado, la ortodoxia o la heterodoxia de tales estudios. La diversidad teórica y metodológica se muestra en la práctica de la investigación que cada uno de los capítulos representa –y, a veces, se trata y discute de forma explícita en ellos– pero constituye un aspecto secundario de los mismos. La intención de los autores ha sido, por encima de todo, la de ofrecer tesis e hipótesis sustantivas sobre las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad, así como herramientas conceptuales y metodológicas para profundizar en ellas.

ISBN 84-85840-96-8



*La colección CUADERNOS DE FORMACIÓN DEL PROFESORADO. EDUCACIÓN SECUNDARIA aspira a ser un instrumento útil para la formación inicial, al servicio del profesorado de Educación Secundaria en el marco del proceso de implantación de la L.O.G.S.E. Tres rasgos caracterizan todas las obras incluidas en la colección. En primer lugar, el esfuerzo realizado por sus autores para reflejar una visión articulada y coherente de la Educación Secundaria, tanto en lo que concierne a las finalidades de las etapas y enseñanzas que la conforman, como a los planteamientos curriculares, didácticos y psicopedagógicos subyacentes. En segundo lugar, la apertura hacia nuevos enfoques y planteamientos en la formación del profesorado de Educación Secundaria. Y, finalmente, la voluntad de compaginar el rigor científico y didáctico de los contenidos con una presentación práctica y concreta de los mismos orientada a la identificación, formulación, análisis y resolución de problemas relacionados con el ejercicio profesional de la docencia.*