

# Ciencia y tecnología *en* sociedad

El cambio tecnológico con  
miras a una sociedad democrática

Sergio F. Martínez

Edna Suárez Díaz



**LIMUSA**

Suárez, Edna

*Ciencia y tecnología en sociedad : El cambio tecnológico con miras a una sociedad democrática* / Edna Suárez Díaz y Sergio F. Martínez. -- México : Limusa : Universidad Nacional Autónoma de México, 2008.

216 p.; 23 x 17 cm.

ISBN-13: 978-607-5-00026-8.

Bibliografía: p. 207-214.

Rústica.

**1. Ciencia -- Aspectos sociales 2. Tecnología -- Aspectos sociales**

I. Martínez, Sergio F., coaut.

Dewey 601 | 22 / S9613c

LC Q175.5

ESTA OBRA APARECE GRACIAS AL APOYO DEL PROYECTO CONACyT No 36305-H

© UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, 2008

Av. UNIVERSIDAD 3000, COL. COPILCO, DELEG. COYOACÁN, MÉXICO, D.F. C.P. 04510

© COEDICIÓN UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO /

EDITORIAL LIMUSA, S.A. DE C.V., 2008

LA PRESENTACIÓN Y DISPOSICIÓN EN CONJUNTO DE

**CIENCIA Y TECNOLOGÍA EN SOCIEDAD**

EL CAMBIO TECNOLÓGICO CON MIRAS A UNA SOCIEDAD DEMOCRÁTICA

SON PROPIEDAD DEL EDITOR. NINGUNA PARTE DE ESTA OBRA PUEDE SER REPRODUCIDA O TRANSMITIDA, MEDIANTE NINGÚN SISTEMA O MÉTODO, ELECTRÓNICO O MECÁNICO (INCLUYENDO EL FOTOCOPIADO, LA GRABACIÓN O CUALQUIER SISTEMA DE RECUPERACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE INFORMACIÓN), SIN CONSENTIMIENTO POR ESCRITO DEL EDITOR.


DERECHOS RESERVADOS:


© 2008, EDITORIAL LIMUSA, S.A. DE C.V.

GRUPO NORIEGA EDITORES

BALDERAS 95, MÉXICO, D.F.

C.P. 06040

 51 30 0700

 55 12 2903

 [limusa@noriega.com.mx](mailto:limusa@noriega.com.mx)

 [www.noriega.com.mx](http://www.noriega.com.mx)

CANIEM NÚM. 121

PRIMERA EDICIÓN

HECHO EN MÉXICO

ISBN LIMUSA-13: 978-607-5-00026-8

ISBN UNAM-13: 978-607-2-00380-4



<b>Prefacio y agradecimientos</b>	<b>11</b>
<b>Introducción</b>	<b>13</b>
<b>Primera parte. La concepción tradicional de la ciencia y la tecnología</b>	<b>37</b>
<b>Capítulo 1. Homogeneidad y unidad de la ciencia</b>	<b>39</b>
1.0 Introducción	39
1.1 Las desunidades de la unidad de la ciencia	41
1.2 La heterogeneidad de las prácticas científicas	42
<b>Capítulo 2. Neutralidad y autonomía de la ciencia</b>	<b>49</b>
2.0 Introducción	49
2.1 Ciencia y valores	49
2.2 De la relación entre ciencia y tecnología a la luz de la socialización de los valores	56
2.3 La autonomía de la ciencia	59
2.4 La autonomía y el concepto de <i>trabajo en la frontera</i>	62
2.5 Autonomía y regulación de la investigación	65
<b>Capítulo 3. El instrumentalismo tecnológico</b>	<b>73</b>
3.0 Introducción	73
3.1 La tesis instrumentalista	73
3.2 Tecnología, valores e intereses	78
3.3 La tradición crítica marxista	81
3.4 La <i>ambigüedad tecnológica</i> en la obra de Andrew Feenberg	86
<b>Capítulo 4. El determinismo tecnológico</b>	<b>91</b>
4.0 Introducción	91
4.1 La visión determinista de la tecnología	92
4.2 Detrás del determinismo tecnológico	98
4.3 La “reproducción del futuro”. Valores, intereses y transformación de la familia	103

<b>Segunda parte. Los retos del determinismo y el instrumentalismo: los estudios sociales de la tecnología</b>	<b>115</b>
<b>Capítulo 5. La respuesta de los estudios sociales de la tecnología</b>	<b>117</b>
5.0 Introducción	117
5.1 Los Estudios de Construcción Social de la Tecnología	119
5.2 Las explicaciones “sociocéntricas”	123
5.3 La evaluación <i>constructivista</i> de la tecnología	125
<b>Capítulo 6. Los sistemas tecnológicos</b>	<b>133</b>
6.0 Introducción	133
6.1 El modelo de los sistemas tecnológicos de Hughes	134
6.2 Los proyectos tecnológicos de la posguerra	138
6.3 Las limitaciones del modelo de Hughes	142
<b>Capítulo 7. La disolución de las fronteras entre la naturaleza y la sociedad: las redes de actantes</b>	<b>149</b>
7.0 Introducción	149
7.1 Las redes de actantes	149
7.2 Las críticas a la teoría de las redes de actantes	154
7.3 Trayectorias <i>vs.</i> redes	156
<b>Tercera parte. Ciencia, tecnología y valores</b>	<b>159</b>
<b>Capítulo 8. Modelos de cambio tecnológico y la idea de trayectoria</b>	<b>161</b>
8.0 Introducción	161
8.1 Determinismo y cambio tecnológico	162
8.2 Dependencia de trayectoria	167
8.3 El papel creativo de la historia	171
8.4 Modificación y creación de trayectorias	172
8.5 Valores y modificación de trayectoria	175
8.6 De dependencia a creación de trayectorias	176
8.7 Legislación, dependencia y creación de trayectorias	181
<b>Capítulo 9. Ciencia, tecnología y democracia</b>	<b>185</b>
9.0 Introducción	185
9.1 La sociedad y la idea de lo público en el siglo xx	185
9.2 La ciencia como modelo de democracia	187
9.3 La agencia como especie en extinción	189
9.4 Del constructivismo a la política	192



9.5	Evaluación y control de la tecnología	194
9.6	El control tecnológico	195
9.7	La normatividad del cambio tecnológico	197
9.8	Democracia, participación y tecnología	199
9.9	¿Qué es un experto?	201
	<b>Referencias bibliográficas</b>	<b>207</b>

La idea original de este libro surgió hace varios años luego de la experiencia de un curso coimpartido sobre lo que es ahora la primera y la segunda parte del libro. Ese curso nos hizo ver que sería bueno contar con un análisis amplio de varios temas centrales en los estudios contemporáneos de la ciencia y la tecnología, en los cuales se hiciera ver la importancia de combinar los estudios empíricos con el análisis filosófico.

En los estudios actuales sobre la ciencia y la tecnología es muy común la crítica al “determinismo tecnológico”, pero pocas veces se hace el análisis requerido para entender mínimamente el fondo de los problemas que plantea el determinismo. El determinismo tecnológico, el instrumentalismo y otros conceptos relacionados se han vuelto figuras retóricas que parecen desprovistas de interés filosófico y práctico. Pero si el análisis se queda corto, entonces no queda claro cómo es posible que numerosas propuestas deterministas hayan sido, y sigan siendo, componentes importantes de varios modelos explicativos del cambio tecnológico y de muchos otros fenómenos de interacción entre ciencia, tecnología y sociedad.

Por ejemplo, un concepto como el de “*momentum* tecnológico” del conocido historiador de la tecnología Thomas Hughes tiene claras relaciones con el de “determinismo”, pero cuestionar el modelo de Hughes simplemente porque puede verse como una versión del determinismo no ayuda en nada a aclarar su poder explicativo y sus limitaciones. Por otro lado, las propuestas radicalmente antideterministas, como el constructivismo tradicional en los estudios sobre la ciencia, no parecen tener la capacidad de explicar aspectos importantes del fenómeno tecnológico, ni de la manera como experimentamos en carne propia los procesos de cambio tecnológico.

En este libro elaboramos una propuesta para integrar las críticas al determinismo tecnológico con un no-determinismo fructífero que permite reformular temas centrales de la filosofía de la tecnología, en particular sobre el tema del “instrumentalismo” y la “autonomía de la tecnología”. Es un marco que hace posible tomar en cuenta a los valores (sociales) como parte de la discusión, pero sin dejar de reconocer la importancia de las tendencias deterministas de varias tecnologías (en sus diferentes acepciones). Para llegar a esta tesis hacemos un recuento de las principales propuestas disponibles en los estudios sobre la ciencia y la filosofía de la tecnología, por lo que el libro puede

ser usado en una gran variedad de cursos que traten el tema de la tecnología. Pero creemos que una de las virtudes del presente trabajo es que sistemáticamente trata de evitar caer en los cauces trillados, ya sea aproximándose a tales temas desde la historia o filosofía de la tecnología, o ya sea como un tema de los estudios sociales de la ciencia y la tecnología. Consideramos que esta división ha generado distorsiones importantes del planteamiento de los problemas, que pueden subsanarse manteniendo la atención en ambas tradiciones. Pero no pretendemos cubrir ninguna de las dos tradiciones de manera mínimamente completa ni equilibrada. Hughes y Bruno Latour, por ejemplo, son autores en los que hemos concentrado nuestra atención, porque el contraste entre sus propuestas es particularmente iluminador. Ambos trabajos muestran una gran claridad y contundencia sobre los objetivos centrales del análisis de la tecnología, además de que ambos son ampliamente conocidos en sus respectivas tradiciones. Finalmente, ambas propuestas son buenos puntos de contraste para la que nosotros elaboramos en la tercera parte del libro.

A grandes rasgos nuestra sugerencia es que el fantasma del determinismo dejará de asustarnos sólo cuando se tome en serio la importancia que tienen conceptos localmente deterministas, que se manifiestan en fenómenos que llamamos *dependientes de trayectoria*. Tales fenómenos no son más que procesos de cambio de lo que usualmente distinguimos como ciencia, tecnología y sociedad.

Queremos agradecer a varias personas e instituciones su apoyo a lo largo de los años en los que se desarrolló este proyecto. El CONACYT dio apoyo mediante los proyectos 36305H (Ciencia y Representación. Un enfoque histórico y filosófico) y 41196H (Filosofía de las Prácticas Científicas). La Universidad Nacional Autónoma de México dio apoyo a través del proyecto PAPIIT titulado “Filosofía de la Ciencia y la Tecnología”, en el que se realizó la investigación inicial correspondiente a la primera parte del libro. Posteriormente la Universidad Nacional Autónoma de México apoyó por medio de una beca sabática a Edna Suárez Díaz (PASPA 2005-2006) y con una estancia de investigación en el Max Planck Institute für Wissenschaftsgeschichte, en Berlín, Alemania (2007-2008). Edna Suárez Díaz también agradece el apoyo otorgado por el MPIWG-Berlín y en particular al Dr. Hans-Jörg Rheinberger.

Agradecemos también a Jonatan García y a Ricardo Vázquez su ayuda en la revisión del manuscrito y la preparación de la bibliografía, así como dos árbitros anónimos cuyos comentarios nos ayudaron a mejorar la propuesta.

**1. La complejidad del sistema tecnológico hoy en día.** En diciembre de 2002 la secta de los *raelianos* anunció la primera clonación exitosa de un ser humano y el próximo nacimiento de otros dos gracias a los avances logrados en su empresa biotecnológica, Clonaid. Si bien la noticia no pudo ser confirmada y la mayoría de los científicos la consideran un fraude, el mero anuncio generó fuertes reacciones. Líderes religiosos y políticos calificaron el hecho como una “afrenta a la dignidad del hombre”. En efecto, en relación con la “clonación reproductiva”<sup>1</sup> existe el relativo consenso, que alcanza a las Naciones Unidas, de contar con una legislación que prohíba este tipo de investigaciones. En torno a otros campos y debates —por ejemplo, la preservación del ambiente— no existe el mismo grado de acuerdo. El caso del reciente debate en torno a la investigación en *células madre* embrionarias o *troncales* es particularmente ilustrativo. Este se convirtió en un tema importante dentro de la campaña presidencial de 2004 en los Estados Unidos, ya que involucraba cuestiones tan cruciales (y distintas) como el financiamiento público a la investigación, el enfrentamiento de diferentes concepciones (o ideologías) acerca de la vida humana, discusiones respecto a los valores que deben guiar el cambio social y la autonomía de la investigación científica frente a otras instituciones y esferas de la vida social.

Otros ejemplos en el campo de la ingeniería genética y la medicina generan problemas igualmente complejos, en los que fenómenos que de manera usual clasificamos en esferas autónomas se entrelazan, enfrentándonos a situaciones novedosas que demandan soluciones imaginativas, al mismo tiempo que prudentes. El desarrollo de las

---

<sup>1</sup> Aunque el término *clonación* se refiere en biología a prácticas tan antiguas e inofensivas como el trasplante de esquejes de especies vegetales (reproducción asexual), y a otras tan comunes como la clonación de segmentos de DNA, el debate actual se centra en torno a dos formas de clonación: la clonación reproductiva (también llamada “clonación-para-tener-hijos en el influyente *Report of the President’s Council on Bioethics*, nombrado por el presidente estadounidense G. W. Bush) y la clonación terapéutica (llamada en el mismo reporte clonación-para-la-investigación-biomédica). Esta última divide a la opinión pública por su relación con la producción de embriones para la investigación en células troncales (*stem cells*) y otros problemas básicos del desarrollo y la diferenciación celular.

Tecnologías de Reproducción Asistida (TRA) –cuyo inicio lo marca la primera “bebé de probeta”, Louise Brown, nacida en 1978 en Gran Bretaña– ha detonado importantes debates éticos y legales que tienen que ver con su impacto en la estructura básica de la sociedad y la cuestión más general del concepto de “familia”. Como es sabido, dichas técnicas constituyen una alternativa de fecundación para parejas estériles y comprenden procedimientos de distintos grados de complejidad, que van desde la inseminación artificial (practicada desde la década de 1940 en humanos y de uso más antiguo en la ganadería), hasta las distintas modalidades de la Fertilización *in vitro* con Transferencia Embrionaria posterior (FIV-ET), la Transferencia Intratubaria de Gametos (GIFT) y la Inyección Intracitoplásmica del Espermatozoide al Óvulo (ICSI). Estas técnicas tienen por objetivo lograr que la fertilización –es decir, la unión de espermatozoide y óvulo– se lleve a cabo fuera del cuerpo humano, en un laboratorio o clínica, haciendo posible que tanto el óvulo, como el espermatozoide y el útero, en el que se desarrollará el embrión, pertenezcan a distintas personas que no son, necesariamente, la madre y/o el padre legales del niño o niña.

Aun antes del nacimiento de Louise Brown los experimentos encaminados a lograr la primera fertilización *in vitro* generaron protestas relativamente aisladas de grupos antiabortistas (ya que los experimentos involucraban la manipulación y destrucción de cigotos). Tras el nacimiento de la primera bebé se iniciaron en Inglaterra los esfuerzos por regular dichas tecnologías y se abrió, en muchos países, un debate que ha variado en intensidad, así como numerosos intentos de legislación, que han generado un mosaico de posibilidades a nivel mundial y que reflejan importantes diferencias nacionales (que exploraremos más adelante). Hoy en día se considera a las TRA como uno de los temas de la relación entre ciencia, tecnología y sociedad que parecen afectar de manera más profunda los conceptos y formas básicas de la organización social de nuestra especie, en particular los de la familia “tradicional”.<sup>2</sup>

Las TRA, en efecto, abren las posibilidades de formación de una familia no sólo a parejas heterosexuales, sino a parejas homosexuales, e incluso, a parejas en las que uno de los miembros haya fallecido (y del que se haya congelado previamente una reserva gamética). Simultáneamente, al descomponer el proceso reproductivo en sus diferentes partes, abren también la puerta a una serie de relaciones contractuales, como las que

---

<sup>2</sup> Existe una gran variabilidad en las formas de familia en diferentes culturas, además de que éstas se han modificado a lo largo de la historia. Es curioso, por ello, que los defensores de posturas conservadoras apelen a la forma “tradicional” de la familia (la familia nuclear compuesta por padre, madre e hijos), una forma que se estableció en Occidente solamente a partir de la segunda mitad del siglo XIX (para una revisión somera del tema, ver Graff 2004).

involucran la donación de óvulos o esperma, o la subrogación materna (esto es, la “renta” o préstamo del útero de una mujer para desarrollar un embrión formado a partir de un óvulo propio o perteneciente a una tercera mujer). Asimismo, junto con estos nuevos tipos de contratos económico y morales, se ha destacado que las TRA promueven relaciones sociales inequitativas (por ejemplo, al contratarse a mujeres pobres para la subrogación), patriarcales (fomentando el control de los médicos sobre el proceso reproductivo en general) e injustas (al promover el gasto en este tipo de investigación, dejando de lado la investigación en torno a las causas de la infertilidad, que afecta mayoritariamente a mujeres pobres). Esta breve presentación sugiere ya una serie de preguntas de carácter teórico pero de eminentes consecuencias prácticas. ¿De qué manera se relaciona el desarrollo de las TRA con la evidente transformación de la estructura familiar, sobre todo en los países industrializados? ¿De qué manera se entrelazan valores e intereses en el desarrollo de estas técnicas y, más aún, de las industrias –farmacéutica, bioingeniería– y las instituciones –bancos de semen, clínicas– que sustentan estas prácticas? ¿Qué características debería cumplir una legislación en torno a las TRA? Estas no son preguntas que pretendamos contestar aquí; examinaremos más bien las relaciones entre cambio científico-tecnológico y cambio social, con el objetivo de proporcionar elementos para la toma de decisiones relacionadas con este tipo de problemas.

Algunas de estas preguntas se repiten en el caso de la ingeniería genética. Otras, en cambio, son exclusivas del largo proceso, que alcanza tres décadas, y que ha llevado a que hoy en día existan profundas diferencias nacionales en la regulación de las técnicas reproductivas. En los años cincuenta y sesenta algunos de los biólogos moleculares más prestigiados, como Edward L. Tatum (en su discurso de aceptación del Premio Nobel en 1958) y Joshua Lederberg (discípulo del primero y también laureado con el Premio Nobel), anunciaban ya la posibilidad de manipulación genética de los seres vivos, reconociendo tanto su potencial para el conocimiento de la expresión, la regulación y el funcionamiento de los genes, como sus posibles aplicaciones tecnológicas. En particular, había entre los científicos una conciencia creciente tanto del potencial comercial como médico de estas técnicas. Habría que mencionar, sin embargo, que el tono no siempre era optimista. Lederberg, por ejemplo, instruyó en 1970 a la conferencia de las Naciones Unidas para el Desarme en el sentido de que las nuevas técnicas también podrían ser utilizadas en la creación de nuevos tipos de armamento. Además de científicos prominentes, otros actores estaban al tanto de las potencialidades de la ingeniería genética. En 1967 el gigante farmacéutico suizo Hoffman-LaRoche fundó en Nueva Jersey el primer instituto dedicado a explorar las posibles aplicaciones de estas técnicas, y en 1971 en Berkeley, la firma Cetus (Cetus Corporation) se convierte en la primera compañía dedicada expresamente a explotar los avances de la biología molecular (que, por cierto, contaba entre sus asesores científicos con Lederberg).

Para finales de los años sesenta, los científicos reconocían que se contaba prácticamente con todo el arsenal de técnicas, enzimas y experiencia como para realizar experimentos de recombinación de DNA como el llevado a cabo unos años después, en 1973, por los equipos de Herbert Boyer, Stanley Cohen y Paul Berg de la Universidad de Stanford. En tales experimentos, básicamente, se tomaban fragmentos de DNA obtenidos mediante enzimas de restricción (que cortan al DNA en lugares específicos), los cuales se insertaban en moléculas de DNA bacteriano circular, conocidas como plásmidos, y luego se reinsertaban y expresaban en organismos de una especie diferente.

Una característica, con graves implicaciones, de estos primeros experimentos es que el DNA utilizado pertenecía a un virus asociado con la generación de cáncer en primates (el SV40), el cual era transferido a una bacteria, *Escherichia coli*, que normalmente vive en el tracto digestivo de los seres humanos. Muy pronto se reconoció el peligro potencial que implicaban este tipo de experimentos. La posibilidad de un accidente, que en el peor escenario podría desatar una epidemia de cáncer, hizo que ese mismo año los científicos estadounidenses, tras una primera reunión de algunos de los más prestigiados biólogos moleculares en el Centro de Convenciones de Asilomar (California), decretaran una moratoria temporal a los experimentos que involucraran técnicas de DNA recombinante (como entonces se llamaban). Esas medidas fueron imitadas por los científicos británicos, mientras que la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos (NAS por sus siglas en inglés) nombró un comité de once personas encabezado por el propio Berg para evaluar los posibles riesgos y los caminos de la regulación de esta nueva tecnología. El punto culminante de los trabajos del Comité Berg ocurrió en febrero de 1975, en los que una centena de científicos renombrados, un par de abogados y unas cuantas voces críticas de la comunidad científica se volvieron a reunir en Asilomar (conferencia conocida como Asilomar II) con el objeto de plantear *directivas* en torno a las medidas de seguridad que debían implementarse (básicamente en los laboratorios) al realizar dichos experimentos.

A partir de entonces el curso que ha tomado la regulación de la ingeniería genética, sobre todo en Estados Unidos y en Europa, ilustra muchos de los fenómenos más intrigantes que son objeto de este libro. Los resultados de Asilomar II resuenan hoy en día en las directivas en torno al Proyecto Genoma Humano, pero la historia política, el peso de distintas tradiciones jurídicas, legislativas y de participación civil, y factores contingentes como una serie de crisis en la industria alimentaria (destacando la epidemia de la enfermedad de las vacas locas en Gran Bretaña) han conducido a situaciones y normativas muy distintas. Al reconstruir los eventos que han llevado al actual estado de cosas en la Unión Europea, la historiadora de la tecnología Gabriele Abels (2005) se ha referido al “largo y sinuoso camino (*the long and winding road*) de Asilomar a Bruselas”. En ese camino, los Estados Unidos han llevado la desregulación de la inge-

nería genética y la posibilidad de patentar sus productos a límites sorprendentes, sobre todo si se toma en cuenta la historia de los movimientos ecologistas y antinucleares a partir de la década de 1960 en ese país, así como su larga tradición en la evaluación de riesgos.<sup>3</sup> Por su parte, entrelazada con una serie de eventos entre los que resalta la consolidación misma de la Unión Europea, la regulación de esas tecnologías en el viejo continente se ha hecho cada vez más restrictiva y compleja.

El ejemplo de la regulación de la ingeniería genética, así como el de las técnicas de reproducción asistida, muestran el entrelazamiento de valores e intereses en la planeación y normatividad tecnológica. La biotecnología en su conjunto, sin embargo, no es la única tecnología que genera preocupaciones éticas y políticas. El desarrollo de la robótica, las neurociencias, la nanotecnología y de la industria en general desatan cuestionamientos similares, aunque llega con menor frecuencia a los medios de comunicación masiva. Por ejemplo, el continuado desarrollo de la tecnología basada en la combustión del petróleo y otros recursos no renovables, así como la contaminación de agua, aire y suelos plantea, desde hace más de cuatro décadas, problemas que caen en los mismos ámbitos. El libro de Rachel Carson *Silent Spring* (publicado por primera vez en 1962), en el que se responsabilizaba al uso indiscriminado de pesticidas la desaparición, año con año, de un número creciente de especies de aves, ha sido señalado como un factor crucial en la convicción –bastante generalizada– de la responsabilidad moral de los seres humanos y sus gobiernos de administrar correctamente los recursos del planeta, pensando en las generaciones futuras (es decir, el llamado desarrollo sustentable). Sobra decir que en este caso, como en los anteriores, no sólo entran en juego los intereses nacionales y de la industria (muchas veces encontrados entre sí), sino distintas percepciones acerca de cómo conectar el desarrollo tecnológico y social.

Los ejemplos anteriores han desplazado a otros que ocupaban paradigmáticamente los estudios sobre la tecnología a mediados del siglo xx, como el desarrollo de los medios de transporte y comunicación, o los usos de la energía nuclear. Con la atención a nuevos casos se asocia un cambio de énfasis en las cuestiones que se plantean al ana-

---

<sup>3</sup> En diciembre de 1970 nace oficialmente la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA por sus siglas en inglés), tras casi una década de movimientos sociales y una creciente preocupación en torno al efecto de los pesticidas en las cosechas, la acumulación de desechos tóxicos industriales en suelos y agua y la contaminación del aire. Bajo la administración del presidente Richard Nixon, la EPA fue fundada con el objetivo de desarrollar una visión “de sistema” en torno a los problemas ambientales. Además de elaborar miles de regulaciones y estándares para diferentes contaminantes en sus primeros años –bajo la dirección de William D. Ruckelshaus– la EPA prohibió todas las aplicaciones del DDT en 1972, una de sus medidas más populares (ver el interesante sitio de internet: <http://epa.gov>).



lizar el cambio tecnológico. El cambio de ejemplos sugiere nuevos problemas. Si bien nos vamos a referir repetidamente a algunos de ellos en particular, nuestros objetivos están mejor servidos por el uso de una variedad de ellos, situados en diferentes tiempos y lugares. La historia del desarrollo de la electrificación, reconstruida por Thomas Hughes (1987) lo llevó en los años ochenta a proponer la tesis de que buena parte de la historia de la tecnología puede entenderse a partir de la noción de *sistema tecnológico* (tema revisado en el capítulo 6); esta categoría se ajusta bastante bien al proceso estudiado por Hughes, pero su utilidad es limitada si nuestro objetivo es entender el desarrollo de la ingeniería genética o de las TRA. En este libro no nos comprometemos con ninguna "unidad" de análisis. Nuestro interés no es encuadrar a la tecnología en un modelo general y unilineal de desarrollo, sino hacer ver la importancia de comprender el cambio científico-tecnológico como un proceso histórico. Es decir, que si bien podemos detectar (muchas veces *a posteriori*) tendencias en el cambio tecnológico, nuestra visión es que éstas son el resultado de la confluencia de numerosos aspectos contingentes y no de un grupo de fuerzas o factores que quepan en una teoría o modelo general. Para ello hemos desarrollado la idea de *trayectorias tecnológicas*, tema que abordaremos en la tercera parte del libro.

**2. Instrumentalismo y determinismo.** Entender la manera en que la ciencia y la tecnología se desarrollan, y la manera en que este desarrollo se relaciona con los diferentes tipos de intereses y valores, ya sea a través de la promoción diferenciada de ciertas formas de organización social, o a través de un cambio en la percepción de lo que es o no posible hacer, no es nada fácil. Pero es claro que las respuestas que generemos frente a esas preocupaciones dependerán de la manera como entendamos la relación del desarrollo científico y tecnológico con los recursos institucionales y, en general, sociales que entran en ese desarrollo. En todo caso, este es el supuesto principal del presente trabajo.

Hay dos tesis relacionadas que han sido muy influyentes en el desarrollo de las visiones tecnológicas. Por un lado, la visión instrumentalista, y por otro, la visión determinista de la tecnología. Vistas desde cierta perspectiva estas dos visiones parecen encontradas, pero en muchos sentidos son más bien complementarias. De acuerdo con el instrumentalismo, la tecnología consiste básicamente de herramientas que pueden utilizarse para distintos fines, los cuales son determinados en otras esferas (la esfera "social"); el desarrollo tecnológico, entonces, consiste en seleccionar aquellas tecnologías que mejor encajen con nuestros intereses, con miras a sus potenciales aplicaciones. Desde esta perspectiva, la tecnología no genera en sí misma problemas de valores. Del mismo modo que un martillo podemos usarlo para clavar un clavo o para matar a alguien, cualquier tecnología puede tener muchos usos. El problema de la carga valorativa de la tecnología se transfiere a cuestiones de valor en las personas, comunidades,

instituciones u organizaciones. Si se tiene esta idea de la tecnología, las ciencias sociales no tienen que ocuparse de ella. La tecnología es simplemente parte del escenario en el que se desarrolla la trama social, o como es común en la economía, la tecnología se entiende simplemente como una “externalidad”.

La otra tesis es la determinista. Hay muchas maneras de formularla, pero la idea rectora es que la tecnología tiene una vida propia, una forma de desarrollarse que hasta cierto punto podemos promover, modificar o limitar, pero que no puede cambiarse radicalmente. Según esta idea, dado un cierto estadio de desarrollo tecnológico hay un número limitado de estadios que pueden darse en el futuro. También se formula a la inversa: para que se pudieran desarrollar los molinos de vapor tuvieron que haberse desarrollado molinos manuales con anterioridad. De manera análoga a como un animal pasa por ciertos estadios de desarrollo para llegar a adulto, un sistema tecnológico tiene definidos los estadios por los que puede pasar. Ante semejante desarrollo autónomo, el resto de esferas de la sociedad quedan inermes, es decir, padeciendo los efectos del cambio tecnológico sin poder afectarlo o sin poder hacer mucho a cambio.

Posteriormente examinaremos diferentes versiones de esta tesis, por ahora lo que nos interesa es hacer ver que, si bien en cierto sentido las tesis instrumentalista y determinista son incompatibles, pueden también apoyarse mutuamente. El determinismo tiene que ver con los estadios por los que tiene que pasar un cierto desarrollo tecnológico, mientras que el instrumentalismo se refiere a la posibilidad de utilizar una tecnología ya desarrollada. El determinismo nos dice que es inevitable que una vez que se desarrollan ciertos sistemas tecnológicos, como una red de distribución eléctrica en un país, se promuevan cierto tipo de tecnologías que van a explotar esa red eléctrica. El instrumentalismo nos dice que vamos a tratar de desarrollar artefactos tecnológicos que podamos usar para satisfacer determinadas necesidades. El instrumentalismo y el determinismo son compatibles en tanto se asume una separación importante entre el desarrollo tecnológico y los usos de la tecnología. Si se pensara que las necesidades tecnológicas son de cierta manera, o hasta cierto punto, creadas por el mismo desarrollo tecnológico-social, entonces el determinismo y el instrumentalismo entrarían en conflicto. Si, por ejemplo, pensamos que el desarrollo del automóvil es una causa importante de la ciudad extendida, entonces ya no podemos simplemente pensar que es posible separar tajantemente el tema del desarrollo de nuevas tecnologías del tema de su uso. Por supuesto que podemos usar el automóvil para transportarnos al lugar de trabajo al que no podríamos ir caminando o en un autobús, o lo podríamos usar para darle vueltas a la manzana, o lo podríamos usar para asaltar un banco. Pero en la medida en que estamos dispuestos a cuestionar si el desarrollo tecnológico tendría que haber sido como fue, en la medida que pensamos que podríamos haber tenido un presente con menos automóviles privados y más transporte público, y una organización de la

vivienda y trabajo diferentes, entonces la discusión sobre la tecnología del automóvil no se agota diciendo que es cuestión nuestra cómo decidimos usarlo. Los posibles usos del automóvil son alternativas que a su vez son el resultado de una serie de decisiones que hicieron que las ciudades y sus sistemas de transporte se desarrollaran como lo han hecho. Es claro, entonces, que una vez que se cuestiona el determinismo tecnológico, el instrumentalismo deja de ser una opción atractiva para explicar nuestra relación con la tecnología.

El determinismo tecnológico es una tesis que ha sido muchas veces cuestionada y rebatida en los círculos académicos, pero no deja de servir de base a muchas propuestas y a muchos análisis del desarrollo tecnológico que tienen un impacto concreto en decisiones de orden económico o político. Por ejemplo, ha sido utilizado una y otra vez a lo largo de la historia de la biología molecular y la ingeniería genética como argumento para destinar montos importantes de recursos a ciertas áreas de investigación. Tan solo a finales de la década de 1980 algunos defensores del Proyecto Genoma Humano, que proponían la secuenciación completa del genoma de nuestra especie, argumentaban la “inevitabilidad” del proyecto, habida cuenta que para entonces se contaba ya con las tecnologías para llevarlo a cabo (incluidas las primeras máquinas de secuenciación automática de DNA). Por supuesto, como veremos posteriormente, no era el caso que se contara con la tecnología.

La crítica al determinismo tecnológico no debe hacernos olvidar, sin embargo, que la experiencia de que la tecnología “se nos impone” requiere explicación. El análisis de la resistencia o el rechazo a estas imposiciones permite entender no sólo el impacto directo de la tecnología en la sociedad, sino sus posibles efectos a través de interacciones y sinergias con estructuras sociales, expectativas y valores que pueden o no promover regulaciones, directrices o cambios culturales o institucionales de muy diverso tipo.<sup>4</sup>

Un primer acercamiento a la historia de los movimientos sociales en contra de la explotación y el uso de la energía atómica ilustra lo que queremos decir. Muchas organizaciones civiles han defendido (a partir de la década de 1950) que no debe promoverse su desarrollo; por una parte porque es una tecnología demasiado riesgosa que implica el manejo de sustancias peligrosas para la salud (como el Plutonio 239); pero, por otra parte, porque esta tecnología requiere formas características de administración y organización que necesitan una gran centralización de la información, así como que fácilmente puede utilizarse para construir armas de destrucción masiva. Este último tipo de crítica es significativa si asumimos una perspectiva determinista, según la cual la tecnología atómica tiene una sola trayectoria posible. En la medida que la administración de la tecnología nuclear exige mantener muchas cosas en secreto y una organi-

---

<sup>4</sup> Para ejemplos al respecto ver Bauer 1995.

zación compleja y repleta de sistemas de seguridad, se considera que esta tecnología es esencialmente antidemocrática. Requiere ser puesta en las manos de *expertos*, quienes eventualmente pierden de vista los intereses de la sociedad en general, hasta un punto en que se promueven tendencias autoritarias que deberíamos tratar de eliminar. Siguiendo esta línea de razonamiento, sería mejor que se abandonara su desarrollo y en su lugar se promovieran otras fuentes de energía (como la solar) que no dependan de recursos no renovables ni de estructuras de gobiernos fuertes y centralizadas. En esta visión se asume, pues, que sólo se puede acelerar o disminuir el ritmo de desarrollo de la energía nuclear, pero eso no cambiará en nada su naturaleza antidemocrática.

Como sostenemos a lo largo del libro, ni las críticas a tecnologías específicas (como la nuclear o la ingeniería genética) ni la percepción generalizada de que su desarrollo se nos impone, modificando efectivamente nuestras formas de vida, carecen de fundamento. Sin embargo, en la medida en que estemos conscientes de que el determinismo tecnológico no es buen consejero (ver capítulo 3), habrá que examinar con más cuidado las posibles razones que existen para pensar que la tecnología nuclear es “esencialmente” antidemocrática. Tomar en serio su carácter antidemocrático se relaciona con la necesidad de ponerla en manos de expertos que difícilmente rendirán cuentas a la sociedad, pero entonces, ¿no se aplicaría este argumento a casi cualquier tecnología? Y si el núcleo de la objeción es el tipo de administración que se requiere —comprometida con el secreto de una gran cantidad de información—, entonces es claro que la tecnología nuclear no es “esencialmente antidemocrática”. Sucede que en la sociedad actual esa tecnología tiene rasgos antidemocráticos, pero en una sociedad menos militarizada quizás la energía nuclear pudiera ser puesta al servicio de un proyecto democrático. O quizás desarrollos tecnológicos futuros hagan posible el uso de la energía nuclear de manera menos centralizada.

**3. Neoludismo.** En un editorial de la revista *Scientific American* (abril 2003), con un título que podría traducirse como “Seamos realistas”, se sugiere que una manera de evitar los sesgos a los que nos invita el determinismo tecnológico consiste en plantear los problemas de la tecnología no en abstracto sino en situaciones concretas. La realidad de la investigación científica debe juzgarse caso por caso. No tenemos por qué preocuparnos si un día la clonación dará lugar a niños genéticamente diseñados. Es una posibilidad abstracta, pero no es el tipo de posibilidad que debe guiar nuestro juicio sobre una tecnología. En concreto, hoy en día se están buscando maneras de desarrollar tejidos que no sean rechazados por el sistema inmunológico de los pacientes. Esa es *la realidad*, continúa el editorial. La revista se pregunta entonces, ¿debemos abandonar la búsqueda de terapias que salven vidas en nombre de una amenaza hipotética? La respuesta de los “tecnocínicos” es que sí. Los tecnocínicos son aquellos que por motivaciones poco claras (y se sugiere, no racionales) promueven que se prohíba, o por lo menos

que no se promueva, el desarrollo de diversas tecnologías. Algunos están en contra de la investigación en ingeniería genética, otros en contra de la nanotecnología, otros en contra de la robótica y otros en contra de éstas y muchas otras. Para responder a los tecnócratas, la revista apela a la historia. Nos recuerda que en el siglo XIX se escribió mucho en contra del desarrollo de tecnologías como los trenes, los telégrafos, los automóviles e incluso contra el sistema de correos porque se consideraba que eran “deshumanizantes”. También nos recuerda a los críticos de la fertilización *in vitro*, quienes pensaban que esta tecnología iba a generar monstruos, cosa que por supuesto no ha sucedido. Como en muchos otros casos en el pasado, esas preocupaciones abstractas, dice el editorial, han dado lugar a problemas mundanos. Las nuevas tecnologías traen consigo problemas, pero la gente busca la manera de darles la vuelta y aprovechar sus ventajas. La conclusión es que el principal peligro no es que la ciencia vaya delante de la ética, sino lo opuesto, que las disquisiciones éticas abstractas paralicen la investigación valiosa.

Esta es una posición digna de reflexión. Es una posición defendida implícita o explícitamente por muchos científicos y tecnólogos hoy en día. Pero vista con un poco de detenimiento enfrenta serios problemas. La tesis en cuestión depende de que se pueda hacer una distinción relativamente clara entre problemas abstractos o imaginados, y problemas concretos. Pero muchas veces la distinción no es clara y, más aún, casi nunca es posible prever la aparición de nuevos problemas o la transformación de los existentes. En parte porque los intereses económicos o una cierta ideología pueden hacernos ver como problemas concretos lo que para otros son abstractos, y viceversa. Para el gobierno de Estados Unidos la contaminación atmosférica y el calentamiento global generados por la emisión de dióxido y monóxido de carbono se consideran un problema abstracto que no justifica las restricciones a la industria que pide el protocolo de Kyoto. Esa postura se basa, por supuesto, en intereses económicos, industriales e incluso “culturales” (Estados Unidos es el mayor productor de monóxido de carbono del mundo), pero también en el hecho de que, hasta la fecha, hay científicos que sostienen que existe una duda “razonable” acerca de si tales emisiones son en verdad las causantes del calentamiento atmosférico global. Por el contrario, muchos países, científicos y organizaciones piensan que es un problema muy serio y concreto y las dudas que existen al respecto no deben ser justificación para dejar de tomar acciones concretas ya.

El error implícito de la posición editorial del *Scientific American* es pensar que existe una esfera llamada “investigación científico-tecnológica” que puede y debe entenderse y desarrollarse independiente de los intereses y valores sociales que la promueven o la inhiben. Es sólo respecto a esta supuesta autonomía que tiene sentido hablar de “problemas concretos” como lo hace el editorial. Los problemas son problemas concretos para una determinada comunidad de científicos, en el sentido de que son problemas accesibles a la investigación, o susceptibles de ser sometidos a prueba. El

avance de la ingeniería genética, como ya se dijo, es un buen ejemplo de las limitaciones de la idea de que la ciencia y la tecnología constituyen una esfera autónoma del resto de las dimensiones sociales. La participación de la industria química y farmacéutica en esta área se inició —como mencionamos— en etapas muy tempranas del desarrollo de estas investigaciones. Al inicio tenía por objetivo “mantener una ventana abierta” en la comunidad científica para enterarse a tiempo de los avances en este campo, pero muy pronto se entrelazaron de maneras más sofisticadas el desarrollo de la industria y el de esta nueva rama de la biología.

La interacción entre políticas gubernamentales, intereses comerciales y desarrollo de la ingeniería genética en las décadas de 1970 y 1980 muestra que existen muchos caminos por los cuales todos estos actores se moldean unos a otros. Resulta ingenuo pensar que los desarrollos técnicos ocurren en el laboratorio, en un contexto exclusivamente académico, y que sólo después “salen” a la sociedad para ser aplicados o retomados por los diferentes intereses. Aun cuando este pudiera a veces ser el caso, la posibilidad de llevar a cabo una determinada investigación se encuentra fuertemente restringida por un contexto que incluye el apoyo público a la ciencia, competitividad académica, financiamiento, tecnología disponible y otros componentes. Se puede objetar que si bien este tipo de factores motiva o desalienta la realización de ciertas investigaciones, carece de efectos en el *contenido* mismo del conocimiento o de las técnicas desarrolladas. Esta objeción, sin embargo, se topa con el hecho de que, prácticamente en todas las disciplinas científicas, es imposible construir conocimiento (como el que caracteriza a la biología molecular y a la ingeniería genética) sin contar con el contexto material y tecnológico que lo sustenta y que es parte del mismo. Y por otro lado, si reconocemos que las trayectorias tecnológicas no tienen una “esencia”, entonces no es fácil distinguir el “contenido” puramente científico o académico del contexto social, que incluye los intereses que promueven unos fines e inhiben otros.

Es indudable que, como lo sugiere el editorial de *Scientific American*, el cuestionamiento del desarrollo tecnológico es muchas veces errático y motivado por grupos de personas que surgen de manera espontánea en respuesta a un desarrollo que les afecta directamente, o bien por organizaciones guiadas por un rechazo sistemático y dogmático a las nuevas tecnologías. Pero muchas otras veces esos grupos de personas se transforman en organizaciones que cuentan con su propia batería de expertos. De hecho, esta es una característica de tales movimientos a partir de la segunda mitad del siglo xx. Más aún, las posturas de los no-expertos no sólo motivan —muchas veces— una profundización del conocimiento, mejores procesos de aprendizaje y de diseño de proyectos y artefactos, sino que aportan y se sustentan en perspectivas alternativas y en distintas percepciones del riesgo y la incertidumbre de diferentes disciplinas científicas o áreas tecnológicas involucradas. Así, por ejemplo, algunos de los temores expresados

por la liberación de organismos genéticamente modificados (OGM) en los ambientes “naturales” han ganado sustento tanto en los modelos genéticos-poblacionales de los ecólogos (quienes están más familiarizados con las interacciones entre organismos y los efectos inesperados –epigenéticos– que un gen puede causar en el sistema genético de un organismo o población) como en el propio reconocimiento de los biólogos moleculares acerca de lo poco que se sabe sobre este tipo de interacciones génicas.

Nosotros creemos que ni la fe ciega en el desarrollo tecnológico (como lo quiere el editorial de *Scientific American*) ni la crítica fundamentalista son útiles para promover una mejor sociedad. Es decir, una sociedad capaz de estar a la altura de las comprensibles expectativas materiales y existenciales de sus ciudadanos, y que les reconozca a éstos la capacidad política para intervenir en la toma de decisiones. Para ello es necesario ahondar en la manera como la historia de las organizaciones e instituciones se interrelaciona con la historia de la ciencia y la tecnología, de modo que podamos entender mejor las maneras en las que el control social del cambio tecnológico se institucionaliza.

Como hemos reiterado, la manera en que la historia nos muestra las profundas y complicadas conexiones entre el cambio social y el desarrollo científico y tecnológico se manifiesta en las discusiones en torno a tecnologías como la biotecnología y su posible impacto en la medicina y la agricultura. Pareciera que estamos secuestrados entre los alardes instrumentalistas de algunos científicos y las pesadillas deterministas de sus críticos; los unos prometen la solución instantánea de problemas tan profundos y diversos como el hambre y las enfermedades, los otros nos anuncian el deslizamiento de la humanidad por una interminable pendiente de males morales y materiales.<sup>5</sup>

En 1993 Philip Kitcher, reconocido filósofo de la ciencia, publicó *The Lives to Come (Las vidas por venir)*, en donde presenta algunos de los adelantos más sorprendentes de la ingeniería genética en los años ochenta y muestra las implicaciones que éstos tienen para toda una serie de cuestiones filosóficas y morales. ¿Hasta qué punto nuestro conocimiento del riesgo que corre un embrión humano de desarrollar una determinada enfermedad justifica tomar la decisión de que continúe o se detenga su desarrollo y, sobre todo, hasta qué punto este conocimiento puede ayudarnos a vivir mejor o peor? ¿No debemos preocuparnos porque la medición y el conocimiento de los

---

<sup>5</sup> Estas posturas no son caricaturas, representan estrategias de argumentación de diferentes actores. El discurso de algunos defensores del Proyecto Genoma Humano, como James D. Watson o Walter Gilbert (quien bautizó a esta empresa científica como “la búsqueda del Santo Grial”) ejemplifica al primer tipo, mientras que un notable defensor del argumento de “la caída en pendiente” es el asesor y politólogo Francis Fukuyama; el mismo argumento fue utilizado repetidamente en los debates en torno a la legislación de las técnicas de reproducción asistida en la Gran Bretaña, por representantes del partido conservador (Jasanoff 2005).

riesgos de sufrir enfermedades lleven a nuevas formas de discriminación? ¿Hasta qué punto y de qué manera podría abusarse del conocimiento que proviene de los exámenes genéticos que se realizan antes del nacimiento? ¿Cómo evitar que el acceso a estas tecnologías se convierta en una brecha más de injusticia que separe a los habitantes más ricos del mundo de los más pobres? ¿Cómo podrían evitarse esos abusos para no terminar repitiendo los errores asociados con el movimiento eugenésico de la primera mitad del siglo xx? Estas son preguntas importantes y concretas, no imaginarias. Su relevancia ha sido reconocida en los aproximadamente 50 millones de dólares invertidos, a lo largo de 13 años, en el Programa de Implicaciones Éticas, Legales y Sociales (*ELSI Program*, por sus siglas en inglés) del Proyecto Genoma Humano, así como la también cuantiosa cantidad de recursos (y en términos proporcionales mayor) invertidos por la Unión Europea en la investigación de esas preguntas, concernientes a las implicaciones de la secuenciación del genoma humano.

Dichas preguntas plantean cuestiones serias respecto a las implicaciones del tipo de tecnologías en vías de desarrollo. Sugieren, entre otras cosas, temas respecto a los cuales hay que legislar y regular, lo que es una manera de integrar una tecnología a la sociedad de acuerdo con ciertos valores. Pero es preciso también tener en cuenta que el reconocimiento de los riesgos del desarrollo científico y tecnológico, y la necesidad de ampliar los mecanismos de participación social en la delimitación de sus objetivos y regulaciones, no implican un desconocimiento (y menos aún un desprecio) por la ciencia y la tecnología. La imagen que nos devuelve hoy en día la historia respecto al papel que han jugado ciencia y tecnología, no sólo en la conformación de la cultura material contemporánea, sino también en la de muchos de los valores que más apreciamos en las sociedades modernas, nos permite reconocer sus profundas capacidades civilizatorias.

El potencial de la ciencia y la tecnología no se destruye al reconocer la historicidad de sus instituciones y sus resultados. Por el contrario, la especificidad de sus *trayectorias* permite dar cuenta del papel privilegiado que gozan en el actual “ecosistema intelectual”. La historia nos muestra que la ciencia y la tecnología no pueden caracterizarse de acuerdo a criterios abstractos, sean metodológicos o metafísicos (como el supuesto método científico o la naturaleza universal de sus afirmaciones) pero también, precisamente como resultado de su historia, se trata de dos de las actividades humanas que más apreciamos por su capacidad de producir soluciones efectivas a un buen número de problemas. También es cierto que, como hemos comenzado a exponer en el caso de las TRA y la ingeniería genética, los científicos se guían por valores e intereses, tanto individuales como de grupo (por ejemplo, el levantamiento de la moratoria de 1973 a los experimentos de DNA recombinante, anunciada en Asilomar I, con objeto de no impedir el acceso al financiamiento público y privado), y que los mecanismos *sociales* y las instituciones que promueven el conocimiento científico (y en casos, el tecnológico) se



desarrollaron hace más de tres siglos en contextos culturales y políticos muy concretos (en que prevalecía, cabe enfatizar, la necesidad de las sociedades científicas de mantener su autonomía frente a los poderes del Estado y de la Iglesia), y en los que se asociaba a la ciencia con la disolución de la incertidumbre que prevalecía en casi todos los otros ámbitos de la vida. Pero la ciencia hoy en día no puede pretender estar más allá de la incertidumbre. Como veremos, sobre todo en la tercera parte, el reconocimiento de la incertidumbre respecto a los posibles desarrollos tecnológicos, y su impacto en nuestra manera de vivir, va de la mano del rechazo de las tesis deterministas.

**4. Más allá del determinismo tecnológico.** Al inicio de su libro *The Whale and the Reactor (La ballena y el reactor)*, escrito hace 20 años, Langdon Winner se pregunta, ¿por qué una cultura que se basa en tantos instrumentos y técnicas se resiste tan sistemáticamente a examinar sus propios fundamentos? Buena parte de la respuesta, nos dice Winner, puede encontrarse en la increíble obsesión con la idea de “progreso” que ha guiado la reflexión sobre la sociedad en la era industrial. Se piensa que el mejoramiento de la condición humana pasa necesariamente por el desarrollo tecnológico. O en otras palabras, que primero hay que asegurar el progreso tecnológico y luego, de cierta manera, se sigue el progreso social.

Esta es la idea implícita en el editorial de *Scientific American* antes mencionado: el patrón del progreso técnico es fijo, es como un tren, al que o nos subimos o nos deja en el atraso. La organización social debe orientarse al progreso técnico, y no viceversa. Debemos adecuar los planes de educación, los sistemas de comercio, la economía, las instituciones, de manera que se fomente *el* progreso técnico. Esta manera de ver las cosas asume que no puede haber desarrollo sin un cambio tecnológico predeterminado y, por lo tanto, que no hay alternativas de desarrollo tecnológico que puedan ser motivo de discusión y planeamiento. La cuestión primordial es cómo podemos estar mejor preparados para promover el desarrollo tecnológico, mientras que la pregunta de qué tipo de desarrollo social queremos se convierte en secundaria. No necesariamente se afirma que todos los detalles del cambio tecnológico están predeterminados, pero en la medida que no hay discusión sobre el tipo de desarrollo tecnológico al que aspiramos se asume que, en última instancia, estos sólo son *detalles*. Es posible que el desarrollo genere problemas que sea necesario solucionar (como dice el *Scientific American*), pero éstos no justifican abandonar el desarrollo social en la dirección que marca supuestamente el cambio tecnológico. A menos que decidamos que la contratación de mujeres pobres como prestadoras de úteros, o que la prevalencia de criterios económicos (quien pagó por dicho contrato), biológicos (quien vivió la experiencia de un embarazo) o genéticos (quien donó un óvulo) sean “detalles”.

Winner menciona otra razón que parece haber fomentado la falta de interés en la filosofía de la tecnología, a saber, que la relación de los seres humanos con la tecno-

logía es obvia y no vale la pena reflexionar al respecto (Winner 1986, p. 5). Nos hemos quedado con una visión simplista de la tecnología que en todo caso era apropiada antes, pero no hoy en día. Según esta idea, la tecnología puede ser un tema de reflexión ya sea en relación con el uso o en relación con su producción. En el primer sentido, nos preguntamos cómo funcionan las cosas, cómo un artefacto hace lo que hace, algo que le puede interesar a los ingenieros, pero que no es una cuestión que sea interesante para el resto de la gente. Por otro lado, está la idea instrumentalista de que la tecnología es relativamente transparente en sus funciones y que éstas pueden actualizarse con diferentes propósitos. Uno toma un teléfono y lo usa y lo deja en su lugar, o toma un avión y va de un lugar a otro y ya. La tecnología desde esta perspectiva es algo que usamos, no hay nada complicado o problemático al respecto, en todo caso se puede pensar sobre cómo hacer más fácil nuestra interacción con la tecnología. Por ejemplo, cómo desarrollar interfaces de teléfonos celulares más fáciles de usar.

Sin embargo, como nos recuerda Winner, las tecnologías no son una mera ayuda en las actividades humanas, sino fuerzas poderosas que actúan para moldear esas actividades y su significado. Cuando un doctor utiliza una nueva práctica no sólo transforma la medicina, sino la manera cómo se piensa a la salud y a las personas. Por este tipo de aseveraciones frecuentemente se caracteriza a Winner como un *determinista tecnológico*, es decir, alguien que piensa que la causa básica del cambio social es el cambio tecnológico, y que los seres humanos no tienen más salida que ajustarse lo mejor que puedan a la manera en que la tecnología despliega su futuro. Sin embargo, Winner —uno de los críticos más destacados de la tecnología a partir de la década de 1970— explícitamente rechaza esa visión del cambio tecnológico (*ibid.* p. 10) y considera que la noción apropiada para referirnos al actual estado de cosas no es el determinismo sino el “sonambulismo”. Según él, el hecho sorprendente sobre el que vale la pena reflexionar es que estemos tan dispuestos a caminar dormidos a través del proceso de reconstituir las condiciones de la existencia humana.

Veinte años después las cosas no han cambiado radicalmente, pero ciertamente no son las mismas. El proceso de cuestionamiento político de la tecnología, que se inició con los movimientos de protesta en contra de los usos de la ciencia y la tecnología en la guerra de Vietnam, y con la lucha ecologista y su crítica a la falta de responsabilidad social por las consecuencias ambientales del desarrollo, hoy en día se ha extendido a otros ámbitos del desarrollo tecnológico y, sobre todo, al análisis y crítica de otros tipos de consecuencias. Nos hemos referido ya a cuestiones éticas, sociales y culturales, como las que se involucran al hablar de la transformación de la familia y de ideas y valores tradicionales a los que pueden conducirnos las TRA, por ejemplo. En todos estos casos (el movimiento ecologista, antinuclear y ahora organizado contra el consumo de organismos genéticamente modificados —OGM—, o las luchas de distinto signo —feministas

o conservadoras— en torno al uso de las TRA) se nota el desarrollo de organizaciones civiles que, incluso, en muchos casos buscan construir redes de apoyo global que, por cierto, le deben mucho al desarrollo de otra tecnología, el Internet.

Por otra parte, el análisis teórico de estos problemas refleja también los notables avances que ha tenido este campo de estudio en las últimas décadas. Los estudios sociales de la ciencia y la tecnología, así como los desarrollos institucionales que han ocurrido en sociedades democráticas respecto a la evaluación de tecnologías, el análisis político comparativo de lo que ocurre con la regulación tecnológica en diferentes países, y los impresionantes análisis en el campo de la historia de la ciencia y la tecnología, aportan hoy en día elementos teóricos y empíricos con los que no contábamos hace tres décadas.

Y en eso queremos ser definitivos: no podemos ni debemos subestimar el valor de la investigación humanística y social en la transformación de nuestras formas de actuar y en las maneras en las que podemos ayudar a modificar los procesos de toma de decisión, con el objeto de construir sociedades más democráticas. La tecnología no la hacen sólo los tecnólogos, los ingenieros y los científicos.

**5. Visiones de la tecnología.** En esta sección vamos a reseñar algunas de las principales visiones o modelos acerca de la tecnología que dejan atrás una visión determinista o instrumentalista simplista. A grandes rasgos, todos estos modelos apuntan a la comprensión de la tecnología como un factor de cambio social que regula nuestras vidas y que simultáneamente requiere regulación. Pero hay supuestos que tienen implicaciones importantes para el planteamiento de los problemas y las maneras en las que la tecnología se considera una parte de la sociedad. En la sección anterior vimos algunas de las ideas de Winner al respecto. El filósofo y crítico de la tecnología Andrew Feenberg elabora algunas de ellas. Feenberg considera que, así como en el siglo xvii la ley fue puesta bajo el control social y en el siglo xix la economía pasa a ser parte de la agenda política, con el siglo que inicia la tecnología entra en el círculo de las actividades humanas que son parte de la discusión política. La tecnología, dice Feenberg, tiene que terminar entendiéndose como un tipo de legislación sobre el que debemos de tener el mismo control social que merece la economía o la educación (Feenberg 1999). Más aún, para Feenberg, el cambio tecnológico y la democracia son dos temas que no pueden desligarse. Esta idea requiere, sin embargo, ser sustentada en la historia de cada uno de los debates y, debiéramos decir las luchas, en que se pretende o se ha pretendido llevar a cabo dicha legislación, y en los que entra en juego la construcción de arreglos más o menos democráticos de la sociedad.

Otra visión importante desarrollada en las últimas décadas es la propuesta que ve a la ciencia y la tecnología como “redes de actantes”. Uno de sus principales proponen-

tes, Bruno Latour, comienza por reconocer, junto con otros muchos contemporáneos, lo intrincada que es la relación entre ciencia, tecnología y sociedad, pero su diagnóstico es radical. No es que la tecnología se constituya en una “segunda naturaleza”, sino que más bien la tecnología es la sociedad “hecha para que dure” (Latour 1998). En un sentido, la idea de Latour pone de cabeza la tesis del determinismo tecnológico. En sus propios términos, cada vez que descubrimos una relación social estable, es la introducción de lo que él y los teóricos de las *redes* llaman *no-humanos*, lo que explica esa duración relativa. La manera de crear nuevas narrativas que integran la tecnología en la teoría social consiste en *seguir* paso a paso a los científicos y tecnólogos durante el desarrollo de una innovación, una “trayectoria socio-técnica” como la llama Latour, construida por *actantes* heterogéneos: humanos y no-humanos. No hay de otra, porque esas trayectorias son contingentes, productos de múltiples factores en situaciones muy complejas.

Lo más radical de dicha propuesta es que una trayectoria socio-técnica es, a la vez, la construcción simultánea de un nuevo objeto y una manera de asimilar socialmente la tecnología que está detrás, un nuevo mercado, por ejemplo. Latour da el ejemplo de cómo las cámaras fotográficas Kodak no pueden verse como una serie de logros técnicos que ocurrieron independientemente de cuestiones económicas y desarrollos de mercado. A la pregunta de si el consumidor está forzado a comprar una cámara Kodak, la respuesta de Latour es que en cierto sentido sí, porque llega un momento en el que el paisaje está construido de manera tal, que toda acción posible pasa por la tienda de la compañía de Eastman-Kodak. Para Latour no hay realmente resistencia ni apertura a una innovación tecnológica, ni aceptación o rechazo al progreso técnico, más bien, nos dice: “vemos a millones de personas mantenidas por una innovación que ellas mismas mantienen” (Latour *ibid.*, p. 125). Así, para Latour, el desarrollo tecnológico no puede explicarse fuera de la red de actantes. El mundo es la red.

Para entender lo radical de esta tesis es apropiado contrastarla con otra visión de la tecnología que considera que ésta puede distinguirse con claridad de otro tipo de actividades, y que dicha distinción es crucial para entender su naturaleza. Este es un enfoque que podemos llamar racionalista-funcional, y es particularmente importante en el mundo de habla hispana. Un buen exponente de este tipo de enfoque es Fernando Broncano. En su libro *Mundos Artificiales* (Broncano 2000), Broncano defiende la idea de que la tecnología es ante todo un espacio de alternativas posibles: “es el lugar en el que se puede configurar el futuro en lo que depende de la acción humana” (p. 82). Este espacio de posibilidades es resultado del comportamiento racional que se manifiesta en una planificación institucionalizada. Lo importante, para los objetivos de este libro, es que este tipo de propuesta recalca un presupuesto implícito en muchas concepciones filosóficas de la tecnología. El supuesto que podemos llamar de la *optimización de recursos*.

La idea básica es que cada parte de un artefacto tecnológico está ahí porque cumple una función en el sistema y, si no, no estaría. Este supuesto de optimización tiene un doble componente que Broncano caracteriza como un supuesto de “buena estructura” (o de máximo en un paisaje de eficiencia) y un supuesto de “economía causal”. El primero se refiere a que la relación estructura/función debe ser la más simple y eficiente de las posibles. La buena estructura es relativa a un marco físico que constriñe las posibilidades; por ejemplo, el material de que está hecho el reloj. En términos económicos significa que nos encontramos ante un óptimo que puede ser absoluto o relativo, global o local.

Ilustremos las ideas con el ejemplo del reloj. Broncano nos dice que todos los relojes que existen o que han existido o pueden existir, que funcionan o no funcionan, constituyen un espacio funcional. El principio de buena estructura nos dice que los objetos que encontramos ahí constituyen máximos locales en la eficacia funcional: relojes que funcionan o han funcionado, aunque quizás no sean los mejores posibles, sí son mejores que cualquier otra configuración de partes (tuercas, tornillos, resortes) que podamos hallar en los alrededores, cercanos a este espacio. En otras palabras, según Broncano, tenemos manera de medir la eficacia de los diferentes relojes. Unos funcionan mejor que otros, y esta diferencia es medible y comparable. Como veremos, este supuesto es cuestionable.

Otro supuesto importante de este enfoque afirma el progreso de las trayectorias adaptativas: las trayectorias históricas siguen la línea de aumento del valor de la eficacia, lo cual puede traducirse como que no hay milagros en la historia de los artefactos. Los artefactos, como los organismos biológicos, de donde parte esta analogía, son el resultado de largos procesos de adaptación en que la selección natural en un caso y la inteligencia en otro, van mejorando las partes o inventando nuevas.

Este tipo de enfoque recoge una manera de ver a la tecnología que tiene una larga historia y que es, en el fondo, la manera en que muchos tecnólogos la ven. Asimismo, es la manera como la economía tradicionalmente ha entendido que puede explicarse el desarrollo tecnológico. En su caracterización, Broncano recurre a una analogía con la evolución por selección natural que tiene lugar en el mundo orgánico, y en particular recurre a la eficiencia como principio organizativo y director del progreso. Entre los tecnólogos e ingenieros esta idea es muy generalizada, y si bien muchos de ellos podrían disentir de la manera en que es presentada, coincidirían en el papel rector de la eficiencia y, más de fondo, en el poder explicativo del principio de optimización. Nótese que para que este principio despliegue su poder explicativo es necesario delimitar claramente los tipos de objetos y de estructuras respecto a los cuales vamos a evaluar la optimización. Broncano se toma en serio esta tarea y propone una manera de caracterizar el ámbito de lo tecnológico como lo artificial. Si ese ámbito no puede

distinguirse del resto del contexto social, entonces el poder explicativo del principio de optimización se pierde.

Nosotros creemos que esto es precisamente el caso, como Latour, Winner y Feenberg estarían de acuerdo: la caracterización de “lo tecnológico” y, en particular, de las funciones de un artefacto, no puede hacerse con la suficiente nitidez como para que sobre esa distinción descansa una explicación del fenómeno tecnológico. Incluso en la evolución biológica la caracterización de funciones no es un proceso trivial.<sup>6</sup> Es un proceso complejo que no puede desligarse de detalles de la ecología y, como bien saben los biólogos, distintos modelos del mismo organismo pueden generar distintos grupos de funciones. Otra dificultad que es particularmente importante en el estudio de los objetos técnicos es que con frecuencia las partes o los artefactos tienen múltiples funciones. Un teléfono celular es también un reloj y una agenda, y puede también ser un termómetro y un reproductor de música. La píldora anticonceptiva puede ser un medio de ejercer con libertad la sexualidad, pero en la primera mitad del siglo xx también fue un objeto diseñado para curar la esterilidad de algunas mujeres e impedir la de otras en el seno del movimiento de eugenesia. Los objetos no tienen una función definida más allá de un contexto cultural, y esta irrupción de la cultura en la caracterización del objeto técnico hace muy difícil la viabilidad de la caracterización propuesta.

La comparación con la biología nos ayudará a clarificar aún más tanto la perspectiva racional-funcionalista como las limitaciones que enfrenta. Broncano nos invita a pensar en una sala borgiana infinita en la que estuvieran expuestos todos los relojes posibles, algunos de ellos existentes, algunos que nunca existirán y otros que se han perdido para siempre. Su representación geométrica configuraría, según él, un paisaje de eficiencia, esto es, un espacio de adaptación  $n$  funcional que compararíamos en  $n$  dimensiones diferentes, es decir, los distintos criterios que pueden jugar un papel en la adecuación. Una dimensión podría ser la sumergibilidad, otra la transportabilidad, otro la precisión. Pero estas “dimensiones” tienen significados que dependen de contextos. La precisión, por ejemplo, no puede caracterizarse independientemente de los contextos en los que se entiende algo como “precisión”. Por ejemplo, una competencia deportiva, un experimento científico o un simple despertador requieren distintos estándares

---

<sup>6</sup> De hecho, una de las más largas y difíciles discusiones de la biología evolutiva (y la filosofía de la biología), a partir de la década de 1960, es la discusión en torno a las *unidades* o *niveles* de selección, la cual se relaciona con las diferentes maneras posibles de caracterizar partes y funciones relevantes para hablar de selección. Un organismo puede ser analizado y considerarse como partes relevantes (funcionales) a sus genes, sus células, al organismo entero o a unidades más inclusivas aún (ver por ejemplo Hull y Ruse 1998, que contiene varios artículos en torno a la caracterización de funciones y al debate sobre las unidades de selección).

de precisión, para lo cual –incluso– se utilizan distintas unidades y escalas temporales. Además, para que la comparación que quiere hacer Broncano funcione, tendría que ser posible comparar todas estas dimensiones (lo que permitiría situar un artefacto en el espacio de funciones), lo cual no parece que pueda hacerse. En la biología hay una manera de comparar todas las dimensiones, a través de una métrica de la adecuación, la cual mide el número de crías de un organismo que llega a la edad reproductiva.<sup>7</sup> Pero en la tecnología no hay una métrica análoga, la noción de objeto técnico dista mucho de la de organismo en este respecto.<sup>8</sup> Esto no quiere decir que los modelos evolucionistas de la tecnología no sean importantes y explicativos de muchos aspectos del desarrollo tecnológico, pero no bajo los supuestos que propone Broncano.

**6. Tecnología e historia.** En las visiones de la tecnología de Latour, Winner y Feenberg hay puntos de acuerdo y profundas diferencias. Uno de los puntos de acuerdo es que la tecnología no puede caracterizarse a partir de un análisis de funciones como lo sugiere Broncano. Una de las tesis centrales de este libro es que las diferencias entre estos autores tienen mucho que ver con el papel que se le atribuye a la *historia* en la explicación del fenómeno tecnológico. Para Winner la historia es una serie de procesos que pueden ser muy complejos, pero que pueden analizarse como interacciones entre actores humanos (agentes) y un determinado ambiente, que es parte de un orden más general, el orden natural. En otras palabras, para Winner hay dos órdenes diferenciados, aunque están siempre en una compleja interacción: un orden humano (el de los intereses y la política) y un orden natural. Estos obedecen a diferentes leyes que rigen su desarrollo. El ámbito tecnológico puede, en última instancia, caracterizarse por un tipo de leyes, distinguibles claramente de las leyes o principios explicativos que se requieren para entender a la sociedad humana.

---

<sup>7</sup> En biología también se usan los “paisajes adaptativos”, que son “topologías” que muestran la localización de organismos o funciones, y su adecuación, a lo largo de espacios multidimensionales. Pero este tipo de representaciones enfatiza, más bien, que con respecto a diferentes criterios o dimensiones existen diferentes “picos” o máximos adaptativos. Esto es, los biólogos reconocen que la adaptación (de una especie, organismo o función) es dependiente de contexto, algo muy distinto a lo que quiere probar Broncano.

<sup>8</sup> La identificación de funciones tiene que hacerse independientemente de la naturaleza o la “inteligencia” que selecciona, según Broncano. Ciertamente hay biólogos y filósofos que creen que se pueden identificar rasgos y funciones *a priori*, para luego establecer identificaciones entre rasgos y funciones, como Daniel Dennett, a quien Broncano cita para desarrollar sus ideas. Pero esto es muy controversial y hay muchos biólogos y filósofos que lo cuestionan, justo sobre la base de que no es posible distinguir un contexto funcional de un contexto estructural histórico. En la tecnología esta dificultad es más clara y contundente.

Para Latour, en cambio, estos dos tipos de orden son sólo perspectivas diferentes. La decisión de incorporar como actores a ciertas cosas o no (humanos o no-humanos) es una cuestión abierta, es una decisión que depende de la perspectiva del observador elegido como punto de partida. El orden social y el orden natural son sólo maneras de ver las cosas. Pero el papel de la historia en una explicación del fenómeno tecnológico tiende a perderse en este tipo de enfoque, que dirige su atención al análisis sincrónico de las redes sociales ampliadas que pueden incluir todo tipo de participantes. La teoría latouriana de las *redes de actantes* promueve una democracia, pero mientras que para Winner y Feenberg la democratización es parte de un proceso en el que los seres humanos toman cada vez más control de sus condiciones materiales de existencia, para Latour no se trata de una relación que ocurre meramente entre seres humanos, sino que incluye todo tipo de agentes, humanos y no-humanos. Winner ha protestado que este tipo de visión tiende a dejar de lado toda posible crítica política de la tecnología. Como veremos, en buena medida estamos de acuerdo con Winner, pero nos parece crucial entender la motivación y el problema de fondo que plantea la tecnología a un sociólogo *sui generis* como Latour. *La distinción entre dos tipos de leyes y principios explicativos que sustentan la diferencia entre dos órdenes completamente distintos –naturaleza y sociedad– es problemática en más de un sentido.*

Feenberg, por su parte, caracteriza la relación entre tecnología y sociedad a partir de lo que él llama el *dilema del desarrollo*, a saber, la idea de que dos de los valores más estimados socialmente han llegado a verse como mutuamente excluyentes. Por un lado, el valor de la satisfacción de las necesidades materiales y, por el otro, el progreso de la libertad humana. Hoy en día el avance en la prosperidad material requiere de tal complejidad en la organización de las empresas y en el conocimiento técnico, que se rebasa la comprensión de los ciudadanos comunes y corrientes del proceso, y esto los condena a ser meros engranajes de un mecanismo alienado (Feenberg 2002, p. 134). Dicho desarrollo apunta a una contradicción crucial en la teoría política de la democracia. Por un lado, el poder coercitivo del estado requiere justificarse a través del debate público y las elecciones de representantes. Por otro lado, un estado eficiente requiere de una administración que tiene que consistir de expertos.

La reconciliación de la igualdad y la eficiencia en el estado democrático es la utopía moderna por excelencia, que no se ha realizado totalmente en ningún lugar. La dificultad estriba en la contradicción entre participación y pericia (del experto), los dos fundamentos del sistema. Supuestamente deben reconciliarse en la subordinación de la administración a las políticas democráticamente establecidas, pero de hecho la desigual distribución del poder administrativo tiende a disminuir la participación (Feenberg 2002, p. 134).

La manera como puede superarse esta dicotomía, piensa Feenberg, es abandonando la idea de que sólo hay un camino a la modernización. Se requiere abandonar el



supuesto de que hay un solo tipo de sociedad moderna posible o, como él lo llama, de *proyecto civilizatorio*. Este es el supuesto que está en el fondo de las tesis deterministas, así como de propuestas funcionalistas, que no se toman suficientemente en serio el papel de la historia. Y esto, añadimos nosotros, sin tener que caer en el pantano de la inacción política a la que invita la retórica de las redes de *actantes* de Latour.

Elaboremos un poco más la idea de Feenberg. La tesis de la convergencia de todas las sociedades modernas en un tipo de desarrollo (capitalista, industrial) no puede refutarse simplemente apelando a las diferencias culturales que pueden hacer mella en él cuando tiene lugar en una sociedad particular. Si no se incluyen en la discusión las posibilidades de desarrollos tecnológicos alternativos, es muy difícil hablar de culturas o “civilizaciones” distintas, que no sean opciones de subdesarrollo. La especificidad cultural no puede estar en conflicto con el modelo dominante de desarrollo económico, a menos que se esté dispuesto a pagar el precio en términos de desarrollo económico y, por lo tanto, ignoremos uno de los cuernos del dilema. En tanto se asume, por ejemplo, que eficiencia y protección del medio ambiente son opciones antagónicas, se concluye que una sociedad “mejor” está condenada a la pobreza, tal y como el dilema del desarrollo nos invita a concluir.

Una segunda alternativa al dilema consiste en la edificación de límites morales y políticos a las tecnologías particulares que resultan problemáticas. Esta estrategia, si bien ha sido operativa en el desarrollo de la crítica y de organizaciones civiles participativas, así como en la elaboración de numerosas regulaciones, también enfrenta serias limitantes. De fondo, no cuestiona el *código* que, según Feenberg, informa a la tecnología diseñada para reproducir las mismas relaciones sociales que concentran la toma de decisiones y la operación de la sociedad. Por otra parte, los cuestionamientos morales y políticos pueden promover discusiones y regulaciones en torno, por ejemplo, al número de días o semanas en que se considera que un cigoto se convierte en un embrión humano, pero no cuestiona que las innovaciones en el campo de la reproducción asistida se orienten al desarrollo de herramientas intervencionistas (con consecuencias médicas y psicológicas para los involucrados) guiadas por los intereses de la industria farmacéutica y biotecnológica, y no ocurran en otra dirección, como podría ser la investigación sobre las causas de la infertilidad, que aqueja mayormente a las mujeres pobres del mundo.

Estamos totalmente de acuerdo en que una discusión a fondo del determinismo tecnológico (al que, por cierto, Feenberg llama *postura sustantiva*), y de todas sus variantes, es crucial para poder ofrecer alternativas viables de desarrollo social que no estén condenadas al subdesarrollo ni limitadas exclusivamente por restricciones morales o políticas de corto plazo. Esto requiere, para empezar, investigar empíricamente y analizar las complejas maneras en los que diferentes aspectos se van hilando en los patrones históricos que conforman nuestras interpretaciones del pasado y nuestras expectativas del futuro, y que se concretizan en nuestras instituciones y organizaciones. Asimismo,

implica reconocer que ese proceso genera tendencias en el cambio tecnológico que experimentamos como *determinantes* de nuestras vidas. La preocupación por la manera como la tecnología se nos impone no es simplemente un producto ilusorio de un modelo falso u obsoleto de la realidad, es una experiencia que requiere explicarse como parte de un modelo del cambio tecnológico.

### **7. Del determinismo tecnológico a tecnologías dependientes de trayectoria.**

Tomarse en serio la importancia de los aspectos contingentes en la conformación de trayectorias tecnológicas no debe entenderse como una capitulación respecto a alguna de las formas del determinismo tecnológico, más bien, es la única manera en la que el determinismo tecnológico puede finalmente descansar en paz. Entender cómo es que factores históricamente situados (por ejemplo, la cultura política de un país o una serie de eventos críticos desencadenados por el uso de una tecnología particular) pueden integrarse en una explicación del cambio tecnológico, es crucial para que podamos encontrar su justo lugar en el tipo de experiencias a las que apela la tesis determinista. Esta tarea se lleva a cabo sobre todo en la tercera parte de este libro. Ello requiere una larga discusión, en la primera parte, de las variantes y supuestos que se encuentran detrás del determinismo y el instrumentalismo tecnológico, así como de un cuestionamiento —tanto de carácter filosófico como histórico— a las ideas de la autonomía y neutralidad de la ciencia y la tecnología.

La primera parte, pues, pone sobre la mesa las ideas más generales que han informado —desde el siglo XIX al menos— la reflexión filosófica, histórica y sociológica acerca del papel de la ciencia y la tecnología en el cambio social. Inicia, por ello, con la presentación —que pareciera lejana a las inquietudes centrales de este libro— de una de las ideas constitutivas de la imagen moderna del mundo: la de que *la* ciencia constituye un tipo de conocimiento distinguible, por la naturaleza de sus explicaciones, de otras formas de acceder al mundo (capítulo 1). Como veremos, considerar a la ciencia como un conjunto de prácticas históricamente constituidas permite comprender más fácilmente sus diversas relaciones con otras prácticas sociales y, en particular, con la tecnología (cuestionando la idea común de que la tecnología *no es más que* la aplicación del conocimiento generado por la ciencia). Partiendo de la noción de que la ciencia constituye un conjunto de prácticas históricamente constituidas, el capítulo 2 se aboca a analizar, y señalar algunos de los orígenes, de la tesis de la neutralidad y la autonomía de la ciencia. Ello nos sirve de apoyo tanto en la discusión del instrumentalismo (capítulo 3) como del determinismo tecnológico (capítulo 4).

En la segunda parte nos abocamos a presentar y problematizar las principales alternativas teóricas que se han generado en las últimas dos o tres décadas, el determinismo y el instrumentalismo tecnológico. En el capítulo 5 se presenta la influyente escuela del constructivismo social y, muy importante por sus consecuencias prácticas,

los recientes desarrollos en el campo de la Evaluación Construccionalista de Tecnología. El capítulo 6 muestra el modelo de los sistemas tecnológicos del historiador Thomas Hughes, mientras que el capítulo 7 trata de la teoría de las redes de actantes de Bruno Latour. Nuestro diagnóstico es que en la medida en que un modelo no tiene la capacidad de explicarnos cómo es que los factores contingentes se transforman en trayectorias con peso histórico, pierde una importante dimensión de la explicación que es necesario recuperar. Como veremos, es fundamental que el cambio tecnológico se entienda como un cambio histórico que integra explícitamente valores, no sólo intereses, tanto en los procesos de diseño e incubación de tecnologías, como en la administración social de las mismas.

En la tercera parte desarrollamos una noción propia de *trayectoria tecnológica*, la cual retoma avances relevantes no sólo del campo de los estudios sociales de la ciencia y la tecnología, sino también en el área de las explicaciones históricas y evolutivas en otras disciplinas científicas. El capítulo 8 reseña estos desarrollos y los pone al servicio de nuestra concepción de las trayectorias tecnológicas, mientras que el capítulo 9, de carácter programático, sugiere formas en las que esta idea nos permite reflexionar en torno a las posibilidades de construcción de sociedades más democráticas. Tomándonos muy en serio la importancia de la historia, se encontrarán a lo largo del texto ejemplos concretos que ilustran el papel de diversos aspectos contingentes, desarrollados por diferentes autores y, en particular, recurriremos a dos de los grandes temas del debate actual en torno al desarrollo tecnológico: la regulación de la ingeniería genética y el impacto de las técnicas de reproducción asistida.

# Primera parte

La concepción tradicional  
de la ciencia y la tecnología

## 1.0 INTRODUCCIÓN

La manera usual de entender la relación entre ciencia y tecnología descansa en una serie de supuestos que responden a tres tesis generales. *Tesis 1*: se puede analizar y caracterizar a la ciencia como una unidad, con independencia de otras actividades. *Tesis 2*: es posible hacer una distinción tajante entre la ciencia y el mundo de las normas y valores. *Tesis 3*: la tecnología consiste en la aplicación práctica del conocimiento articulado en la ciencia. En este capítulo nuestro objetivo es mostrar no sólo que la tesis de la unidad de la ciencia (*Tesis 1*) es problemática desde el punto de vista histórico, sociológico y filosófico, sino que la visión pluralista alternativa nos proporciona herramientas para reformular las conexiones de la ciencia con otras prácticas de la vida social, incluida la tecnología (*Tesis 3*). Asimismo, una crítica a la primera tesis nos permitirá preparar el camino para hacer ver las limitaciones de la *Tesis 2* (que analizaremos en el siguiente capítulo).

En una de sus versiones más comunes, la tesis de la unidad de la ciencia sostiene que ésta es un tipo de conocimiento articulado en *teorías* que explican –y en ocasiones predicen– diferentes aspectos del mundo. Más en general, se piensa a la ciencia como una actividad *homogénea*, lo que se refleja en nuestro uso (relativamente reciente) del término *ciencia*, en singular. Incluso cuando se reconoce que la ciencia incluye actividades como la experimentación y la observación, así como la organización de los científicos en estructuras sociales más o menos complejas, se asume que todo ello conduce (o se subsume), en última instancia, a la elaboración, corroboración y/o extensión de teorías científicas.

Esta visión ha sido seriamente cuestionada en las últimas tres décadas, en especial por los llamados *estudios sociales de la ciencia* (que incluyen estudios sociológicos e históricos, pero también filosóficos). A partir de la reconstrucción de incontables estudios de caso, así como de importantes desarrollos conceptuales en las humanidades y las ciencias sociales, se ha generado una imagen bastante distinta de la ciencia. En

esta imagen, la ciencia consta de un abigarrado complejo de prácticas y tradiciones de razonamiento, generadas en momentos y contextos históricos precisos. La estructura compleja de prácticas científicas no pueden reducirse ni entenderse a partir de un mero análisis de la estructura lógico-conceptual de las teorías científicas. Es decir, las diferentes prácticas y tradiciones de la ciencia son entes material e históricamente *densos*, cuyo significado no se agota en las teorías que promueven o generan. Muchas de ellas pueden comprenderse solamente en términos de su relación con instrumentos, criterios de exactitud, sistemas de clasificación, o cualquiera de los muchos contextos que constituyen a las diferentes áreas de investigación. En una palabra, las prácticas y las tradiciones científicas, y sobre todo su dinámica y estructura, difícilmente son inteligibles sin tomar en cuenta su dimensión *normativa y heurística* (Martínez 2005), de la que hablaremos más adelante.

El filósofo Ian Hacking ha sido uno de los principales promotores de la idea de que la ciencia no puede reducirse al desarrollo y contrastación de teorías. Su libro *Representing and Intervening* (1983) se convirtió en referencia obligada para un análisis de la ciencia que reintroducía, en la filosofía, la importancia de las condiciones técnicas, y en general de la intervención material, en la elaboración de conocimiento científico. Hacking se refiere sobre todo a lo que él llama “la estabilización de fenómenos” en el laboratorio (por ejemplo, el *efecto fotoeléctrico* o la *hibridación de ácidos nucleicos*). Su idea de que “los experimentos tienen vida propia” y que no necesariamente tienen por objetivo la corroboración o refutación de teorías, constituyó una de las primeras formulaciones de una visión más fragmentada o heterogénea de la ciencia.

El historiador Peter Galison ha defendido también, mediante detalladas reconstrucciones de los orígenes de la física de partículas, la idea de que coexisten al menos tres *tipos* de tradiciones en esta área de investigación: las tradiciones teóricas, experimentales e instrumentales. A partir de su análisis, Galison (1987) dibuja una nueva “metáfora central” de la ciencia: una en la que los desarrollos teóricos no siempre van a la par de los avances experimentales o tecnológicos. Una ruptura en la física teórica puede llevarse a cabo aun cuando se sigan utilizando los mismos tipos de tecnologías, o una serie de experimentos pueden desembocar en una visión, y en la estabilización de fenómenos materiales en el laboratorio, que carecen de correlato teórico. Galison, al igual que Hacking, concluye que existe una relativa autonomía entre estos tipos de tradiciones, dados sus diferentes prácticas, objetivos y formas de representación. Nosotros mismos hemos desarrollado, en varios trabajos, la idea de que existen diferentes *tipos de tradición científica* que persiguen fines epistémicos distintos y que son relativamente autónomas entre sí (Martínez 1993, 1998; Suárez 2001); asimismo hemos documentado la existencia de tradiciones de tipo teórico, experimental y comparativo en la biología (Suárez 1996, Suárez y Barahona 1996).

La visión pluralista tiene consecuencias importantes para un análisis que vaya más allá de las ideas generales con las que anteriormente se pretendía dar cuenta de la relación entre ciencia y tecnología (dominada por lo que llamamos *Tesis 3*), así como de la relación entre estas y otras prácticas sociales (*Tesis 2*). Como puede verse, los estudios de las llamadas tradiciones experimentales o ciencias de laboratorio han sido particularmente fructíferos en lo que se refiere a nuestra mayor comprensión de las conexiones entre el contexto material y el conocimiento. Tales estudios revelan los muchos sentidos en los cuales la tecnología es mucho más que una aplicación de la ciencia. Como ya mencionamos, apuntan al hecho de que las técnicas experimentales y los artefactos tecnológicos forman parte de los fenómenos que se producen en el laboratorio y, por lo tanto, de lo que constituye conocimiento en las tradiciones experimentales.

Se habla, por ejemplo, de “científicos empresarios” (Edison, Eastman) o, en estudios más recientes sobre innovación tecnológica y científica, de “usuario científico líder” (con acceso privilegiado a nuevas tecnologías y con capacidad para moldear el diseño de éstas en sus etapas tempranas y de acuerdo a sus objetivos de investigación) y de “científicos industriales” (los cuales cumplen un papel crucial al ligar las necesidades del científico con las del mercado) (ver Reinhardt 2006). En el caso de la química orgánica, a partir de la segunda mitad del siglo xx, la revolución en el conocimiento se conecta con el uso y desarrollo de tecnologías físicas como la resonancia magnética nuclear y todos los métodos de espectrometría. Los éxitos de esta disciplina se encuentran marcados por el “traslape de funciones”: la participación directa de algunos líderes científicos en el diseño tecnológico y, simultáneamente, la participación de la industria en la investigación científica, generando y desarrollando nuevas áreas de investigación en las que sus instrumentos podrían ser usados (Reinhardt 2006).

Pero el supuesto de que la ciencia es una actividad básicamente homogénea, cuyo objetivo es la articulación de conocimiento teórico o proposicional, continúa fuertemente arraigado, no sólo entre los filósofos, sino entre muchos científicos, sociólogos e historiadores. A continuación presentaremos un panorama de sus distintas versiones, así como de algunas de las limitaciones que enfrenta dicha concepción. Al final del capítulo abundaremos en la concepción pluralista y sus implicaciones para una crítica de las *Tesis 1* y *2*. Previamente es necesario examinar algunos antecedentes que nos permitirán situar históricamente la tesis de la unidad de la ciencia.

## 1.1 LAS DESUNIDADES DE LA UNIDAD DE LA CIENCIA

Hacking (1996), por ejemplo, sostiene que se ha hablado de la unidad de la ciencia al menos en tres sentidos: práctico, metafísico y metodológico. Desde el punto de vista práctico, el ideal de la unidad de la ciencia es el compromiso de buscar conexiones

entre fenómenos, por ejemplo, entre la luz y el magnetismo en la física del siglo XIX. La búsqueda de este tipo de unidad corresponde a las investigaciones científicas particulares. En cambio, desde el punto de vista metafísico, el supuesto de la unidad de la ciencia tiene que ver con lo que él llama el *sentimiento* de que existe un único mundo susceptible de investigación científica, una realidad accesible a la descripción científica, y una verdad abierta igualmente para todos aquellos científicos que comparten técnicas y experiencias (*ibid.* p. 44). Finalmente, desde el punto de vista metodológico, el compromiso con la unidad de la ciencia se refiere a la idea de que existe un solo estándar de razón que se extiende a lo largo del tiempo, a través de las distintas disciplinas y de diferentes circunstancias. Esta diversidad de significados debiera darnos ya una primera idea de la relatividad del supuesto de la unidad de la ciencia.

Las diversas acepciones de la idea de la unidad de la ciencia no necesariamente están relacionadas, ni unas se siguen de otras; distintas versiones se entrelazan en la obra de diferentes autores y épocas, de maneras también muy diversas, por lo que es posible encontrar todo tipo de combinaciones. Hacking comenta que, paradójicamente, el tipo de unidad que les interesa a los científicos, y en el cual la ciencia ha probado ser exitosa, no ha sido foco de atención de los filósofos. Esto es, la idea de la *interconexión* o *armonía* de los fenómenos, ejemplificada en el trabajo de grandes científicos unificadores como Faraday, Maxwell y Einstein. Los filósofos, por el contrario, han privilegiado una versión que Hacking denomina la idea de la *singularidad*, al sostener que hay una única estructura fundamental de causas en el mundo, sean necesarias o probabilistas. Es esta versión la que, como veremos, constituye el trasfondo de la caracterización de las explicaciones científicas en la filosofía tradicional, una visión que ha sido minada tanto por el avance en distintas áreas científicas como por el propio análisis filosófico.

## 1.2 LA HETEROGENEIDAD DE LAS PRÁCTICAS CIENTÍFICAS

En la introducción a una compilación de artículos que trata el tema de la *desunidad de la ciencia*, Peter Galison (1996) reconstruye el contexto histórico en el que, a mediados del siglo XIX e inicios del siglo XX, se originó la reflexión moderna en torno a la *unidad* de la ciencia. Galison sostiene que la variedad de significados que se le atribuye a ésta en el siglo XX, los cuales van desde la idea de la unidad en el método, hasta la noción de la reducción de un dominio de la ciencia por otro, pasando por el ideal de la reducción de las leyes naturales al lenguaje físico refleja, como John Dewey lo señaló, un *movimiento cultural*. Lo que todos estos movimientos tenían en común, dice Galison, es la esperanza de que una visión del mundo científica e internacional conjurara las visiones del mundo nacionalistas y racistas contra las cuales el movimiento de Unidad de la Ciencia, impulsado por el Círculo de Viena, se enfrentaba a muerte. “Icono, marca de



verdad, o canto de sirena, la unificación ha simbolizado más que un objetivo puramente científico o simbólico” (p. 6). Así pues, tampoco debe sorprendernos que la atención a las *diferencias*, o a la heterogeneidad de la ciencia, ocurra en un contexto cultural en que adquieren valor las ideas de autonomía cultural, tolerancia y pluralismo, en oposición a las fuerzas de homogeneización, jerarquía y dominación entre las ciencias.<sup>1</sup>

Si bien no es posible resumir en unos cuantos párrafos los resultados de estas investigaciones, podemos asegurar que éstos nos han entregado una imagen de la ciencia que difiera notablemente de la tradicional (un ejemplo de ésta es Nickles 1985). Destacan, como ya mencionamos, los estudios en torno a las llamadas *tradiciones experimentales*, en particular por su conexión con una reinterpretación de las distintas conexiones entre ciencia y tecnología.

En ese apartado contamos con innumerables trabajos de carácter histórico y sociológico en torno al desarrollo de tecnologías científicas específicas. La historia de los orígenes de la electroforesis por Lily Kay (1988), del microscopio electrónico por Nicholas Rasmussen (1988), de Boley Elzen (1988) en torno al desarrollo de las ultracentrífugas, o de Carsten Reinhardt (2006) en torno a la Resonancia Magnética Nuclear, documentan un aspecto frecuentemente olvidado en la historia tradicional de la ciencia: el desarrollo de los instrumentos científicos. Estos estudios no podrían catalogarse como parte de la historia tradicional de la tecnología. Documentan, por un lado, la independencia de muchos proyectos de construcción de artefactos tecnológicos respecto a teorías o modelos de su funcionamiento. Y, por otro, la multitud de traslapes y relaciones con diferentes proyectos experimentales en los que tanto el problema científico (o incluso una disciplina) como los instrumentos se codeterminan unos a otros.

En resumen, este tipo de estudios muestran que los fines y medios utilizados por diversas tradiciones que forman parte de la ciencia no están supeditados ni pueden reducirse a una función de tipo teórico: muchas actividades de la ciencia se abocan a

---

<sup>1</sup> No escapa a nuestra atención que, además del obvio contexto sociopolítico de la globalización, el énfasis en las *diferencias* se hace eco de las corrientes postmodernas en la filosofía y, en general, en las humanidades, lo cual no tiene por qué descalificar ni, por el contrario, sobrestimar los resultados de la investigación social de la ciencia. Más aún, en los últimos años, han comenzado a publicarse trabajos que intentan, en una dirección sólo aparentemente contraria, explicar qué es lo que mantiene *unidas* a las distintas prácticas científicas. Sin embargo, este tipo de unidad que se busca en la actualidad no es de tipo lógico-conceptual o reduccionista en el sentido tradicional del positivismo lógico. Se trata de esfuerzos por hacer ver cómo las prácticas locales exitosas pueden extenderse, adaptándose a diferentes situaciones, generalizándose para una comunidad y convirtiéndose, en ocasiones, en prácticas estándar (por ejemplo, Dear 1993, Daston y Galison 2000).

las diferentes dimensiones implicadas en la construcción de sus condiciones materiales (la tecnología). Al mismo tiempo estos estudios –como ya hemos dicho– muestran las grandes limitaciones de la idea de que la tecnología no es más que la aplicación del conocimiento científico y revelan, fundamentalmente, dos tipos de actividades sociales y actividades que están en el centro de nuestras preocupaciones: por un lado, la alianza de la ciencia moderna, la tecnología y la industria; y por otro, la producción de objetos científicos, mediante una conformación técnica, en las tradiciones experimentales.

Es en este complejo panorama de resultados que el término “tecnociencia” se ha convertido en una manera fácil de referirse a la interdependencia o convergencia de la ciencia, la tecnología y la industria, incluyendo en esta última tanto a la agricultura como a la industria militar. Quizás se ha abusado del término ya que no todas las configuraciones en las que se relacionan ciencia y tecnología tienen el carácter íntimo de lo que –como hemos visto– sucede en las tradiciones experimentales. Resulta clarificador, nos parece, seguir utilizando ambos términos, *ciencia* y *tecnología*, pero reconociendo que en ciertas áreas de investigación y de trabajo, las conexiones entre ambas son más profundas y complejas de lo que reconocía la visión tradicional, generando conformaciones que responden claramente a la idea de tecnociencia. La convergencia de ciencia y tecnología en algunas áreas da forma a los poderosos y estables complejos científico-tecnológicos de las actuales sociedades industriales. La biotecnología, la cibernética, la nanotecnología, el avance de las telecomunicaciones y muchos otros campos, son ejemplos en los que los resultados de la investigación experimental ha ocurrido en una íntima conexión con el desarrollo de condiciones técnicas y que generan de manera prácticamente inmediata importantes aplicaciones en un contexto industrial altamente competitivo.

El caso de la biotecnología, como ya señalamos en la Introducción, es digno de los múltiples y detallados estudios que se han realizado en torno a ella. Para empezar, la conexión de ciencia, tecnología e industria en la biología molecular es tan vieja como la propia disciplina. Ésta nace a finales de la década de 1930 y se desarrolla gracias al financiamiento de grandes sociedades filantrópicas, en particular la Fundación Rockefeller. Paradigmáticamente, la Rockefeller definió su programa de “Procesos Vitales” (luego rebautizado como Biología Molecular) como un tipo de investigación definida por la “transferencia” de tecnología de la física y la química a la resolución de problemas centrales en las ciencias de la vida, como el problema de la herencia. Es decir, la biología –caracterizada entonces por su baja tecnificación, por la sencillez de sus instrumentos y por sus escasas capacidades de transformación (o intervención)– fue vista como un área en la que debían darse profundas transformaciones cognitivas mediante la importación y adopción de tecnologías desarrolladas previamente en otras áreas experimentales (por ejemplo, el análisis estructural químico mediante rayos X,

o la espectrofotometría). Posteriormente, buena cantidad de recursos se destinaron al desarrollo de tecnologías propias, que generaran conocimiento biológico relevante (como la ya mencionada ultracentrífuga o la electroforesis). Estas tecnologías, viejas o nuevas, importadas o propias, transformaron completamente el campo del estudio de la herencia biológica, con las repercusiones que hoy en día presenciamos.

La participación de la industria farmacéutica en el desarrollo de la ingeniería genética constituye, en efecto, uno de los ejemplos más claros de la conexión entre diferentes prácticas científicas experimentales y la industria. En un inicio, las fuentes de financiamiento a estas áreas de investigación en las universidades tenían por objetivo “mantener una ventana abierta” en la comunidad científica para enterarse a tiempo de los avances en este campo. En 1974, por ejemplo, la firma ICI, el gigante farmacéutico inglés, inicia un proyecto conjunto con la Universidad de Edimburgo (Wright *op. cit.* p. 77) y ese mismo año la Universidad de Stanford solicitó patentes para los procedimientos desarrollados por Stanley Cohen y Herbert Boyer, así como para algunos de los plásmidos desarrollados por ese grupo. Para 1976 Stanley Cohen había sido reclutado como asesor científico de Cetus, Herbert Boyer se había aventurado —en asociación con capital de riesgo— en la creación de una empresa dedicada a explotar las aplicaciones de la ingeniería genética llamada Genentech, y seis gigantes de la industria farmacéutica contaban con proyectos pequeños de este tipo: Hoffman-La-Roche, Upjohn, Ely Lilly, Smith Kline and French, Merck y Laboratorios Miles.

La interacción entre las políticas gubernamentales, los intereses comerciales y el desarrollo de la ingeniería genética en la década de 1970 y con mayor énfasis en la década de 1980 nos muestra, pues, que existen numerosos caminos por los cuales estos distintos aspectos de la producción se moldean unos a otros. Resulta ingenuo pensar que los desarrollos técnicos ocurren en el laboratorio, en un contexto exclusivamente académico, y que sólo después “salen” a la sociedad para ser aplicados o retomados por los diferentes intereses. El tipo de problemas que se eligen dependen fuertemente de factores que difícilmente pueden catalogarse como cognitivos o científicos. La posibilidad de llevar a cabo una determinada investigación se encuentra fuertemente restringida por un contexto que incluye políticas gubernamentales de apoyo a la ciencia, competitividad académica, financiamiento, tecnología disponible y otros. En particular, características sumamente especializadas de un instrumento o de una técnica experimental pueden determinar no sólo un cambio de problemas, sino incluso la apertura de campos enteros de investigación. En esa interacción, los científicos muchas veces desarrollan sus propios métodos y aparatos, u otras veces cooperan —en estrechas interacciones en las que confluyen intereses académicos y económicos— con la industria. A su vez, las inversiones de la industria ocurren en contextos nacionales que promueven la investigación científica y que son más o menos favorables a la in-

teracción de las universidades y las empresas. Más aún, la dirección que puede seguir el desarrollo de ciertas tecnologías puede también estar expresamente guiado por las necesidades de una comunidad académica (como lo muestran los ejemplos de la ultracentrífuga, el microscopio electrónico y el desarrollo de la resonancia magnética nuclear).

Una visión pluralista en la filosofía de la ciencia debe abandonar el empirismo homogeneizante asociado con la idea de que el conocimiento sólo puede surgir de la sistematización de las regularidades que podemos establecer entre hechos. Este empirismo supone que la experiencia científica, muchas veces restringida al concepto de *observación*, no tiene dimensiones cualitativas específicas. La experiencia puede ser sólo de un tipo, de acuerdo a esta visión. Javier Echeverría (en *Filosofía de la Ciencia*, 2005, por ejemplo), considera que la manera de rechazar esta concepción simplista de experiencia parte de reconocer que la ciencia consta de por lo menos cuatro diferentes tipos de contextos “no epistémicos”: el de educación, el de innovación, el de evaluación y el de aplicación. Si bien estamos de acuerdo en que estos diferentes contextos son importantes (sobre todo por la reorientación axiológica a la que llevan en la filosofía de la ciencia), creemos que además de aceptar la existencia de diferentes contextos científicos, la epistemología tradicional tiene que abandonarse. Esto no pretende negar que el estudio de la ciencia no puede restringirse a un punto de vista meramente epistémico sino más bien pretende recalcar que aquello que es conocimiento, y lo que no es, se constituye mediante un proceso de construcción mutua de lo que entendemos por “natural” y lo que entendemos por “social”.

El filósofo Joseph Rouse, por ejemplo, ha defendido la idea de que las prácticas científicas deben considerarse desde una perspectiva *normativa*, y no exclusivamente desde la perspectiva descriptiva de la historia o la sociología. Las prácticas, dice Rouse (en 1996), “no están mediadas por significados convencionales, lenguajes o creencias, sino por situaciones parcialmente compartidas, situaciones que tienen una historia” (y son distinguibles en buena medida por esa historia). La reproducción de una técnica experimental en un laboratorio no es solamente la realización de ciertas instrucciones o condiciones explícitas en un manual de procedimientos, sino una situación conectada históricamente con la manera como se ha estabilizado la realización de ese tipo de procedimientos o técnicas en determinada área del conocimiento y/o en un espacio delimitado, con la forma correcta de usar un conjunto de instrumentos, con los límites existentes en la manipulación de condiciones materiales y la interpretación (novedosa pero también apoyada en la historia de ese sistema experimental) que se le da al conjunto de actos, tanto lingüísticos como materiales, que constituyen a la práctica y a sus resultados.

El conocimiento científico, entonces, no es solamente un conjunto de representaciones reificables en un lenguaje natural o formal. El conocimiento, al menos en parte,

consiste en normas que se encuentran implícitas en las prácticas que llevan a cabo los científicos. Una “práctica” no es todo aquello que hacen los científicos para crear conocimiento o artefactos. Es más bien el tipo de actividades que define a las comunidades y campos de investigación, que los distingue de otros y marca alianzas cruciales. Las normas implícitas en dichas prácticas tienen implicaciones para la manera como se establecen instituciones y organizaciones de diverso tipo en la ciencia (esto lo ejemplificaremos en el siguiente capítulo, al referirnos a la manera como los científicos construyen la “autonomía” de la ciencia). Martínez ha hecho ver que la normatividad implícita en prácticas tiene una estructura jerárquica compleja la cual, a su vez, corresponde a la manera como se distribuye socialmente el conocimiento (Martínez 2005). Es decir, dicha estructura constituye el despliegue de nuestras capacidades cognitivas en un ámbito social. Las prácticas científicas, a través de su dimensión normativa, buscan adaptarse a otras prácticas en el contexto de ciertos *valores* o de normas de mayor jerarquía. En nuestra visión la dinámica social sustentada en prácticas (que por supuesto incluyen a la ciencia y a la tecnología) es un tipo de proceso que no puede reducirse a una estructura funcional. Los valores no cognitivos juegan un papel explicativo irreducible en una explicación de la estructura y dinámica de las prácticas científico-tecnológicas. Estos valores contribuyen a conformar procesos dependientes de trayectoria (históricos en un sentido que elaboraremos en la tercera parte del libro). Creemos que esta concepción historicista nos permitirá analizar la dinámica de la ciencia y la tecnología y su incidencia en el desarrollo social desde una perspectiva que supera la tensión usual entre diferentes maneras de analizar el cambio científico-tecnológico.

### 2.0 INTRODUCCIÓN

La tesis de que es posible establecer una distinción entre la ciencia y el mundo de las normas y valores (que llamamos *Tesis 2* en el capítulo anterior) constituye una de las ideas más arraigadas en la concepción moderna del mundo. Sin embargo, dicha tesis, al igual que la de la *unidad* de la ciencia, no tiene un origen único y en sus versiones más actuales ha emergido en el contexto de debates, e incluso luchas, en torno al papel que la ciencia tiene y debe tener en la sociedad (Proctor 1991, p. 262). La tesis tiene profundas y variadas implicaciones no sólo para la filosofía de la ciencia sino para las formas en que pueden abordarse cuestiones tan importantes como la responsabilidad política o moral de la ciencia, el papel de la ciencia en la conformación y promoción de determinados valores, y la forma en que entendemos (e intervenimos) en la relación sociedad-naturaleza. Por lo general se identifica a esta tesis con dos ideas o imágenes claramente relacionadas: la de la *neutralidad* de la ciencia y la de su *autonomía*.

En este capítulo buscaremos clarificar y hacer ver cómo –para una apreciación cabal de la ciencia y la tecnología contemporánea– se requiere ir más allá de sostener (o refutar) filosóficamente la distinción entre “hechos y valores” o, en el otro extremo, la tesis de que “todo conocimiento es político”. Para ello, abordaremos brevemente el problema de la neutralidad; posteriormente trataremos el tema de la autonomía de la ciencia apoyándonos en el trabajo de historiadores, filósofos y sociólogos. En diferentes partes del libro, estas reflexiones tienen consecuencias también para la manera en que entendemos la relación entre tecnología y valores (y/o intereses).

### 2.1 CIENCIA Y VALORES

La idea de que la ciencia está libre de valores, o más bien de que su desarrollo y evaluación sólo dependen de valores epistémicos intrínsecos a la ciencia, pero que es neutral respecto a otros valores (sociales) que tengamos, es muy antigua aunque sigue siendo acaloradamente defendida y criticada. Confusiones alrededor de esta tesis y sus consecuencias han nublado muchas discusiones en los estudios sobre ciencia y tecnología. En

su estudio histórico y filosófico de esta idea, Robert Proctor argumenta que su significado político ha variado de acuerdo a su uso y a las circunstancias históricas. En el mundo antiguo la idea se liga con la distinción platónica entre teoría y práctica, siendo el ideal contemplativo una imagen del “conocimiento desinteresado”. Esta fue reformulada en el siglo XVII, cuando el impulso baconiano (y la revolución mercantil y productiva) hizo de la ciencia una actividad que, al menos en principio, debía estar ligada a la práctica; en ese periodo se destaca que las preocupaciones éticas y políticas deben ser excluidas de la filosofía natural, dado que sesgan la búsqueda de conocimiento.

La ciencia moderna es también el nicho de otra de las versiones filosóficamente más influyentes: que la ciencia está libre de valores; en la concepción matemático-mecánica del mundo el espíritu se divorcia radicalmente del mundo de la materia. El mundo natural de la antigüedad, infundido de propósito y diseño, es sustituido por un mundo desvalorizado, sin propósito (Proctor *ibid.*, pp. 6-7) o, como decía Max Weber, la naturaleza ha sido secularizada, desencantada. Esta es una idea de profundas raíces en la concepción moderna de ciencia. Poincaré, a principios del siglo pasado, escribió varios ensayos haciendo ver cómo la ética y la ciencia tienen sus propios dominios; que se tocan, pero que no se interpenetran. Según Poincaré, la ética nos habla de los fines a los que debemos aspirar, mientras que la ciencia dice, dados esos fines, cómo alcanzarlos. Poincaré y todos los que defienden este tipo de enfoque piensan que la ciencia involucra valores. La búsqueda de la verdad, por ejemplo, es un valor, como lo es la búsqueda de leyes y explicaciones basadas en leyes. Pero estos valores “cognitivos” se entienden como claramente diferentes de los valores morales que pueden servirnos para dirigir la ciencia en una cierta dirección, pero no para hacer ciencia.

Esta idea ha sido defendida de varias maneras, pero una estrategia básica se basa en el supuesto de que hay una totalidad de hechos (naturales) que tiene lugar en un espacio-tiempo que contiene y ordena esos hechos en procesos explicables en términos de un “orden subyacente” —*una estructura compuesta por leyes y/o procesos causales que son caracterizables objetivamente, con independencia de nuestra interacción con ellos*. Usualmente se considera que este orden puede expresarse de forma matemática, y de esta manera queda claro que no depende ni implica valores. Filosóficamente hay diferentes maneras en las que esta ruta puede ser cuestionada. Una consiste en reconocer la posibilidad de que si bien ese orden natural (independiente de nuestros valores o fines) puede existir, quizás no nos es cognoscible en suficiente medida y que, por lo tanto, incluso si ese orden existiera, la ciencia sólo logra tener una visión parcial de la realidad, y esa visión parcial se completa con valores (que provienen de un ámbito que no está al alcance de la investigación empírica). Esta es una visión poco común hoy en día, pero era una idea muy común de la ciencia hasta la revolución científica. Otra manera argumenta que el mundo no es un todo cerrado en el sentido de que hay más de una manera

en la que podemos describirlo correctamente, y que esas diferentes maneras no son del todo compatibles, o “sumables” como visiones parciales de una realidad subyacente. En este caso, el conocimiento del mundo tiene que partir de reconocer una pluralidad de maneras de caracterizarlo que no son compatibles, pero que son legítimas.

Hay muchas variantes de esta idea que han sido propuestas y defendidas a lo largo de la historia de la filosofía de la ciencia. Una posición pluralista puede ser local o global. Un pluralista local defiende que ciertos entes teóricos pueden tener distintos referentes, en diferentes contextos explicativos, y esos referentes pueden ser igualmente correctos en sus diferentes contextos, por ejemplo, la tesis defendida por muchos biólogos y filósofos de que no hay un concepto de gen, sino que hay muchos (por ejemplo, el gen del que se habla en el contexto de la biología molecular, o el gen de los hibridólogos y los agrónomos). Reconocer que todos esos conceptos son legítimos es una manera de articular concretamente una posición pluralista local. Con los diferentes conceptos de especie biológica ocurre algo similar, diferentes conceptos (el de la paleontología o el de genética de poblaciones, entre otros) pueden ser igualmente legítimos.

En cambio, una posición pluralista global se compromete con un tipo de realismo (que algunos podrían preferir llamar antirrealismo), a saber, la tesis de que el mundo no es cerrado en un sentido ontológico básico, es decir, que los hechos son sólo hechos una vez que han sido delineados por leyes o principios explicativos en un determinado contexto empírico. No tenemos derecho a inferir que determinadas relaciones entre hechos que se dan en el contexto de un laboratorio, por ejemplo, sean punto de partida para decir algo respecto a “una estructura de los hechos” del mundo. Ian Hacking introdujo hace más de veinte años la idea de que nuestras maneras de aproximarnos a la realidad, nuestras maneras de intervenir y conceptualizar la realidad (lo que Hacking llama un estilo de pensamiento) determinan “positividades”, aquellos hechos sobre los que podemos predicar verdad o falsedad. Según Hacking, independientemente de esos estilos, los hechos están subdeterminados. Esto puede verse como el punto de partida para la formulación de una visión pluralista. Nancy Cartwright (1983) ha desarrollado otra manera de ver una visión pluralista, en términos de lo que ella llama antifundamentalismo. La idea de fondo es que no podemos hacer inferencias extrapolando las leyes de la física (y en general de otras ciencias) que son verdaderas, de sistemas experimentales o situaciones controladas (por ejemplo, en un laboratorio), a un entorno menos regulado. En otras palabras, las leyes de la física no describen un mundo de “positividades” único.

En las ciencias sociales este tipo de pluralismo ha sido también formulado, asociado principalmente con propuestas que buscan desligarse de los supuestos de la economía neoclásica. Por ejemplo, al hacer ver que los hechos de la economía no pueden determinarse con independencia de contextos que involucran perspectivas o valores que tienen



una historia. En la sociología, la concepción simétrica de Bruno Latour y Michel Callon constituye una versión fuerte del pluralismo. Como veremos, su pluralismo se basa en un supuesto metafísico adicional, el de que no es posible hacer una distinción entre un mundo material sin agencia y un mundo de agentes. Estas posiciones las examinaremos más adelante. Por ahora sólo requerimos apuntar que la discusión y elaboración de tipos de pluralismo es hoy en día en la filosofía de la ciencia una de las cuestiones más apremiantes y actuales, y que esa discusión, aunque implícita, va a ser importante en la propuesta que vamos a desarrollar a lo largo del libro.

Las diferentes versiones de pluralismo tienen implicaciones epistemológicas importantes para la discusión de la tesis de que la ciencia está libre de valores. Lacey (1999) arguye que la tesis de que la ciencia está libre de valores requiere comprometerse con la idea de que es posible hacer una distinción entre valores cognitivos y valores sociales, y que la ciencia está libre de valores en la medida que podemos entender que la aceptación de teorías no debe descansar más que en valores cognitivos. Lacey considera que los valores cognitivos son característicos de una creencia o teoría racionalmente aceptable (o “buena”). Los valores sociales son característicos, en cambio, de lo que entendemos por una sociedad deseable o “buena” (en el sentido que queramos especificar).

Si, como Lacey asume, la ciencia puede entenderse como constituida por teorías, entonces la cuestión de si la ciencia está libre de valores puede formularse como la tesis de que es posible decidir que una teoría es mejor que otra, por ejemplo, sobre la base de una evaluación de qué tan “buena” es una teoría respecto a los criterios que reconocemos como pertinentes para la evaluación.

Nótese que esta manera de formular la tesis *requiere además asumir que puede hacerse una distinción entre el contenido de una teoría, y sus consecuencias*. Pero esto muchas veces no es para nada obvio, y, en realidad, la distinción muchas veces involucra valores que tendrían que catalogarse como “no cognitivos”. Si podemos formular una teoría por medio de unos axiomas o leyes, entonces es relativamente claro cuál es el contenido de la teoría y cuáles son sus consecuencias. Por ejemplo, una teoría de la física, caracterizable formalmente por medio de un sistema de axiomas que se refieren a tipos de entes bien definidos, o un conjunto bien definido de modelos, permite una distinción relativamente clara de lo que es la teoría y de lo que son las consecuencias.

Pero una teoría como la de la evolución biológica es más problemática. Podemos pensar que podemos explicitarla por medio de un cierto número de principios o modelos. Pero este tipo de caracterización es más ambigua. Una manera es caracterizándola en términos de un tipo de procesos que tiene lugar en poblaciones de objetos que tienen la capacidad de reproducirse de manera diferenciada, de heredar sus características y que están sujetas a un proceso de selección. Pero aquí ya no es claro a qué tipo de cosas nos referimos. Esta manera de formular la teoría de la evolución parece referirse tanto a orga-

nismos biológicos como a genes, e incluso a ideas e instituciones, por ejemplo. La teoría de la evolución no tiene la misma “transparencia ontológica” que tienen las teorías de la física clásica. En la medida en que la ontología de una teoría está menos definida no es claro qué está adentro y qué está afuera de la teoría, y se hace difícil llevar a cabo un proyecto como el de Lacey. Él piensa que para demostrar la independencia de los valores sociales respecto de los cognitivos es necesario mostrar que el hecho de ser apreciado socialmente, o como él dice, el hecho de ser un objeto de valoración social, no es un valor cognitivo. La motivación es obvia, lo que no queremos es que un valor social se anteponga a un valor cognitivo, como la adecuación empírica o el poder explicativo, y que tengamos situaciones en las que la ciencia subordine sus métodos de investigación y establecimiento de verdades (o teorías que se consideran empíricamente adecuadas) a nuestra creencia en Dios o a cómo deben ser las cosas de acuerdo con un ideal político o ético.

La propuesta de Lacey es la siguiente. Según él, para no enredarnos en la discusión sobre cómo distinguir los valores cognitivos de los sociales, a partir de discusiones abstractas interminables, es necesario entender a la ciencia como una empresa comprometida con lo que él llama *estrategias materialistas*. Una estrategia materialista es una estrategia de investigación que representa fenómenos y restringe las posibilidades a aquellos fenómenos que pueden explicarse en términos de leyes que describen estructuras o procesos materiales, leyes que pueden abstraerse de todo tipo de contextos y que, por lo tanto, se prestan a formulaciones abstractas e incluso formales.

Nuestra respuesta es que la ciencia es mucho más que prácticas reguladas por estrategias materialistas. Como vimos en el primer capítulo, y como queda claro a partir de tantos ejemplos detallados desarrollados por historiadores, sociólogos, antropólogos, etc., la ciencia no se restringe a lo que puede inferirse de prácticas de laboratorio, el tipo de prácticas que Lacey llama estrategias materialistas. El mismo Lacey en publicaciones posteriores reconoce que la estrategia materialista no es la única estrategia posible para hacer ciencia.<sup>1</sup> Más aún, sugiere que una ciencia que reconoce una diversidad de estrategias es una ciencia pluralista que puede verse como el inicio de una ciencia “multicultural”. Los valores de diferentes culturas se expresarían en diferentes estrategias de investigación que a su vez llevan a tipos de conocimiento diferentes, todos ellos “científicos”. Pero, entonces, es claro que estamos de nuevo sin una distinción clara entre valores cognitivos y no cognitivos.

Otra estrategia para defender la tesis de que es posible distinguir entre valores cognitivos y no-cognitivos ha recurrido a la distinción entre el contexto de justificación

---

<sup>1</sup> Lacey muestra los diferentes papeles que juegan los valores sociales en la ciencia, y lo complejo que es la interrelación entre valores sociales y cognitivos que incluso ahora reconoce puede dar lugar a una ciencia culturalmente centrada (Lacey 2005). Nuestra

y el contexto de descubrimiento. El método científico usualmente se entiende como todas aquellas estrategias y prácticas de investigación que llevan a la aceptación o rechazo de teorías. Hablar de método en la ciencia presupone una distinción entre el contexto en el cual se llega a proponer una teoría, el llamado contexto de descubrimiento, y el contexto en el cual se evalúa racionalmente, el contexto de justificación. Dentro de la concepción tradicional es aceptable reconocer que diferentes tipos de valores juegan un papel en las consideraciones que llevan a la construcción de una teoría. La idea de que la ciencia está libre de valores puede formularse como la tesis de que las teorías científicas se aceptan o se rechazan en el *contexto de justificación* (esto es, que la evaluación de una teoría tiene lugar exclusivamente a partir de la evidencia). Así pues, en principio un seguidor de Popper, o muchos otros filósofos “tradicionales”, no tendría ningún reparo en aceptar que los valores juegan un papel muy importante en la ciencia, siempre y cuando se acepte una distinción tajante entre el contexto de descubrimiento y el de justificación, que permita diferenciar cuándo juegan un papel en la ciencia valores no epistémicos (en el contexto de descubrimiento), y cuándo no (cuando estamos en el contexto de justificación).

Esta distinción entre contextos ha sido fuertemente criticada por la filosofía de la ciencia en las últimas décadas. En particular, la estabilización de un efecto o de un fenómeno en el laboratorio (como el efecto fotoeléctrico o la reacción de hibridación entre moléculas de DNA) no puede ser vista simplemente como un descubrimiento, como vimos en el capítulo 1.

Una visión pluralista de la ciencia es compatible con la idea de que la distinción entre valores cognitivos y no-cognitivos, formulada de una manera apropiada, puede ser importante en algunos contextos, por ejemplo, cuando podemos seguir una estrategia materialista. Pero esa manera de hacer la distinción puede no ser importante en otro contexto, o puede que se requiera hacer una distinción de otro tipo. Como veremos en varios ejemplos a lo largo del libro, muchas veces es necesario hacer distinciones entre los tipos de valores que pueden guiar una investigación y los que no. Pero estas distinciones tienen sentido en contextos concretos, en relación con estructuras normativas específicas asociadas con las prácticas involucradas en ese caso. A continuación vamos a defender esta tesis a partir de argumentos filosóficos. Luego la apoyaremos con ejemplos de desarrollos científicos específicos.

---

propuesta puede aceptar todo esto que dice Lacey, pero va mas allá en reconocer que la interrelación es más de fondo en la medida que reconocemos que la ciencia-tecnología tiene una estructura material-instrumental que es una estructura institucional. En otras palabras, la ciencia-tecnología es tanto instituciones, como materia, articulados funcionalmente y orientados a fines.

Un valor es algo que guía nuestras creencias y acciones, en la medida en que se asocia con un tipo de regla de aplicación. Pero estas reglas de aplicación (normas de *prácticas*) son sociales. Si aceptamos con Lacey, que la ciencia se conforman esencialmente de teorías, entonces por lo menos hay una base clara para la distinción entre valores sociales y cognitivos; los valores cognitivos tienen que ver con los valores que nos permiten evaluar una teoría a partir de la evidencia. Pero si ese supuesto se cuestiona (como vimos que puede hacerse), entonces no hay bases para decir que existen valores que no son sociales. Lo que hacen los científicos, lo que los lleva a apoyar ciertas estrategias y a no apoyar otras, o lo que los lleva a ciertas creencias y no a otras no puede explicarse muchas veces a partir de las teorías que se aceptan y las que no. Con frecuencia la decisión de comprometerse con una línea de investigación se toma por la familiaridad y confianza en cierto tipo de instrumentos, no por la evaluación de evidencia en favor de una u otra teoría. Muchas teorías incompatibles entre sí son utilizadas por los científicos todo el tiempo, y esto no es motivo de alarma generalizada. Los físicos aceptan por lo general la teoría de la mecánica de medios continuos, a la vez que utilizan la mecánica clásica. Estos dos tipos de descripciones son incompatibles, pero ello sólo se considera problemático cuando no es claro en qué situaciones se debe usar una teoría y en qué situaciones otra. En otras palabras, constituye un problema importante entender cómo entran los valores en el quehacer de la ciencia y cuándo ciertos valores pueden llevar a desarrollar una ciencia deficiente; pero este tipo de distinciones no tiene por qué poder hacerse independientemente del contexto de investigación en el cual se requieren (debido a la problemática local).

Por supuesto, queda mucho por decir al respecto. Los valores cognitivos (relativos a contextos de investigación) son sociales en sentidos muy diversos. Por ejemplo, son sociales en tanto que las representaciones científicas no pueden desligarse de las normas sociales que codifican las prácticas de la representación. Son sociales en la medida en que la evaluación de una aseveración involucra las evaluaciones de comportamientos y de acciones. También son sociales si pensamos que la cognición está *socialmente distribuida*. Son sociales en la medida en que aceptamos que el testimonio es una fuente importante de conocimiento, y también en tanto que los argumentos no pueden entenderse como meras inferencias formales, lo que en particular lleva a reconocer la importancia de la dimensión retórica de la argumentación. Todos estos sentidos apuntan a diferentes nociones de lo social. Distinguir estos sentidos y estudiar sus implicaciones puede ser importante por muchas razones, pero para nosotros no es necesario hacerlo en este momento. Todo lo que queremos es hacer ver la plausibilidad de la tesis de que todos los valores son valores sociales y que, por lo tanto, la tesis de que hay una distinción metafísica básica entre valores cognitivos por una parte, y por la otra valores sociales no es correcta.

## 2.2 DE LA RELACIÓN ENTRE CIENCIA Y TECNOLOGÍA A LA LUZ DE LA SOCIALIZACIÓN DE LOS VALORES

Si reconocemos que todos los valores son sociales, la distinción entre tecnología y ciencia se ve en otra perspectiva. La distinción no puede hacerse en términos del tipo de valores que promueven. Por lo tanto, parece inevitable tener que concluir que la relación entre ciencia y tecnología es más estrecha que lo que se asume cuando se habla de la tecnología como ciencia aplicada, o cuando se piensa de la tecnología como un instrumento (sobre lo que hablaremos en el capítulo siguiente).

Ya hemos mencionado las estrechas relaciones entre ciencia, tecnología e industria, pero vale la pena reiterar que la interconexión entre los objetivos y valores de la industria y los de la investigación van más allá de la mera aplicación de conocimiento en la construcción de instrumentos y el desarrollo de procedimientos. Una cultura industrial que promovía la solución de problemas sociales mediante el desarrollo de la tecnología (*ingeniería social*) y que apreciaba la búsqueda de soluciones racionales, y una cultura académica que promovía (a diferencia de la mayoría de las instituciones académicas) la independencia del investigador en relación con el uso de instrumentos de vanguardia (en lugar de su uso por técnicos especializados, que entregaban los “resultados” a los científicos) fueron factores determinantes en los logros de la investigación en química orgánica y en biología molecular que ocurrieron en el Instituto Tecnológico de California (Caltech), a partir del periodo entre las dos guerras y hasta finales de la década de 1960 (Kay 1993, Reinhardt 2006).

En un sentido similar, la participación de los físicos en proyectos de investigación militar orientada a fines generó resultados científicos y tecnológicos evidentes en la Segunda Guerra Mundial. Simultáneamente, transformó de manera radical las prácticas de la investigación en esa disciplina, en formas que trascendieron a la guerra y que impactaron a la manera en que se llevó a cabo posteriormente la investigación (por ejemplo, la elección y determinación de problemas, la realización de experimentos y la interpretación de resultados ocurre en equipos jerarquizados que pueden incluir cientos de científicos). A finales de la década de 1940 este tipo de investigación provocó una búsqueda de mayor libertad de investigación, pero aún dentro de la idea de llevar a cabo proyectos orientados a fines, que fueran lucrativos o provechosos, en la comunidad de físicos de la Universidad de Stanford, quienes crearon y recurrieron a diversas formas de cooperación con la industria. En ocasiones, llegaron a fundar empresas y vender sus servicios a las Fuerzas Armadas, beneficiándose así de la cultura de la investigación orientada a fines y de valores asociados con la productividad en el trabajo, los cuales habían incorporado en su investigación. Esa búsqueda por una mayor libertad en la investigación, pero aún ligada a la creatividad orientada a fines, es el origen de la actual

zona de cooperación académica-industrial en el norte de California (el llamado *Silicon Valley*, región geográfica paradigmáticamente caracterizada por las estrechas relaciones entre universidades e industrias, sede de Microsoft, por ejemplo).

En biología, en contraste, uno de los obstáculos que encontraron los promotores del Proyecto Genoma Humano a finales de la década de 1980 era el rechazo de los investigadores a cualquier tipo de investigación que pareciera estar orientada a fines, interpretándola como una amenaza a la libertad de investigación característica de la biomedicina y la biología molecular (Kevles 1998). Este solo hecho motivó la formación de un “frente” de prestigiosos científicos que lograron, en 1990, que el Proyecto Genoma Humano fuera coordinado por el Instituto Nacional de Salud (*NIH* por sus siglas en inglés), en lugar del Departamento de Energía (*DOE* por sus siglas en inglés), organismo ligado a la investigación militar y que había sido pionero en la constitución de dicho proyecto. Cabe mencionar que eso ocurrió pese a que el *DOE* se encontraba a cargo de las bases de datos genéticos hasta entonces, dada su relación previa con estudios acerca del impacto del uso de la energía atómica en las poblaciones humanas.

Los contextos de investigación pueden ser moldeados por valores que surgen en su interconexión con otros contextos, como el industrial y militar, pero también de otras maneras. Por ejemplo, en el periodo posterior a la Segunda Guerra Mundial un grupo de políticas gubernamentales (sobre todo en Estados Unidos, Gran Bretaña y Francia) hicieron posible el desarrollo acelerado de la biomedicina, la biología molecular y la ingeniería genética. Las políticas gubernamentales que influyeron en ese desarrollo son muy variadas, pero también debe incluirse el sistema de valores prevalente. El prestigio de la ciencia después de la Segunda Guerra llevó a la convicción de que la inversión en científicos no era tirar el dinero a la basura. Se trataba, más bien, de una cuestión de seguridad nacional, como lo diagnosticó el asesor presidencial Vannevar Bush en su famoso informe de 1945 (*Science, the Endless Frontier*) en el cual se promovía una estrecha relación entre la ciencia, la industria y el ejército. Muchas otras cosas jugaron también un papel importante. Por ejemplo, la política de salud pública de Estados Unidos, en la que una gran cantidad de fuerzas adversas a la medicina social y proclives a la iniciativa privada (como las sociedades profesionales de médicos, las compañías aseguradoras y hospitales) bloquearon la creación de un sistema de seguridad pública como el europeo, dejando una gran cantidad de recursos libres para invertir en la investigación biomédica básica.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Historiadoras como Susan Wright (1994), Soraya de Chadarevian (2002) y Angela Creager (2001) han documentado el giro que recibió el financiamiento de la investigación biomédica básica después de la Segunda Guerra Mundial en Estados Unidos y la Gran Bretaña y los efectos que este tuvo en la investigación.

El papel protagónico que habían jugado las grandes fundaciones filantrópicas (en especial la Fundación Rockefeller) en el periodo entre las dos Guerras Mundiales se vio disminuido por la enorme inversión estatal en Estados Unidos, Francia y Gran Bretaña, la cual —a raíz de las mencionadas políticas— tuvo un crecimiento exponencial hasta finales de la década de 1960.<sup>3</sup> Inversión que, si bien se justificaba como parte de la lucha contra algunas enfermedades (notablemente el cáncer, pero también, por ejemplo, la poliomielitis), simultáneamente se enfocó al conocimiento de los mecanismos moleculares de la herencia con la esperanza de encontrar posibles aplicaciones. El papel que jugó el gasto gubernamental no fue solamente el de proveer los recursos financieros necesarios, sino el de moldear la investigación de acuerdo a prioridades, como el aumento en la expectativa de vida mediante la lucha contra el cáncer, plasmadas en los objetivos del NIH. Es en el contexto de estas políticas de financiamiento de la investigación que se desarrolla la ingeniería genética a partir de la década de 1970, con las llamadas “técnicas del DNA recombinante”.

Muchos de los problemas relacionados con los ejemplos anteriores se dejan de lado en el análisis filosófico tradicional de la relación entre ciencia y valores. La discusión respecto al papel de los valores en la ciencia no se limita a que tradicionalmente no se consideraban importantes y ahora sí. La importancia que hoy en día se le otorga al tema ocurre en el contexto de un cuestionamiento a los presupuestos metafísicos de los que hemos hablado antes. Pero también debe entenderse en relación con los profundos cambios que ha tenido nuestra percepción del papel y el poder de la ciencia en la transformación del mundo contemporáneo.

Asimismo, no puede negarse la importancia de una reflexión sobre el lugar de la ciencia en nuestros valores: hasta qué punto, o de qué modo, la ciencia puede ayudar a promover (o inhibir) ciertos valores éticos o políticos, por ejemplo. En primer lugar la ciencia, como institución, promueve la argumentación, la atención a los razonamientos

---

<sup>3</sup> A lo largo de dos décadas el presupuesto del NIH en Estados Unidos creció exponencialmente de 2.8 millones de dólares en 1945 a más de mil millones de dólares (1 billón de dólares en la terminología estadounidense), lo que equivale a 3 mil millones de dólares de 1982. La investigación biomédica también registró un aumento respecto al gasto total en investigación científica y aplicada; en el periodo de 1956 a 1966, por ejemplo, pasó del 8.8% de la inversión total al 21%. Este periodo de expansión acelerada se detiene en 1968 como consecuencia de una serie de eventos que afectaron la economía estadounidense, entre los que destacan el gasto militar de la guerra de Vietnam y la posterior crisis del petróleo a inicios de la década de 1970 (Wright 1994, capítulo 1, p. 24). La misma tendencia se muestra en las cifras de la Gran Bretaña, con un crecimiento acelerado que se ve detenido a finales de la década de 1960 y los inicios de la década de 1970.

en medio de las disputas, y en el contexto educativo promueve el escepticismo, esto es, la duda razonable ante diversas propuestas. Pero la ciencia también promueve valores a través de sus teorías (piénsese en individualismo —generalmente malentendido— ligado a la teoría de Darwin), o a través de diversas caracterizaciones de lo que es posible o imposible, y, por lo tanto, acerca de lo que puede ser o no el futuro que nosotros contribuiremos a construir. La relación entre la tecnología y los valores puede verse de manera similar. Por un lado, hay preguntas respecto a la manera en la que los valores entran en el diseño y producción de determinadas tecnologías y, por otro, hay preguntas respecto a la manera en la que la tecnología puede contribuir al florecimiento humano asociado con la participación o manifestación generalizada de ciertos valores (o la inhibición de otros) en la vida social. Hablaremos de ello al tocar el tema del instrumentalismo en el próximo capítulo, y en la discusión sobre la relación entre tecnología y democracia en la tercera parte.

### 2.3 LA AUTONOMÍA DE LA CIENCIA

La tesis de la neutralidad de la ciencia se relaciona con otra idea muy difundida, la de la *autonomía de la ciencia*. Una versión usual de esta idea apunta a un ideal político: la ciencia debe ser administrada exclusivamente por los científicos (o por las instituciones científicas). Son ellos quienes deben decidir cuáles son los problemas importantes y quienes pueden y deben decidir acerca de las prioridades que deben establecerse respecto a los posibles proyectos de investigación. Es más, según esta tesis, son los científicos los que deben decidir cómo y qué se enseña. Aprender a hacer ciencia es aprender a interpretar un tipo especial de evidencia, y esto se hace en el contexto de los laboratorios, prácticas y cursos propios de cada disciplina científica. Esta autonomía tiene que respetarse, dicen los defensores de la tesis, porque la ciencia tiene una dinámica que puede y debe ser una respuesta a la evidencia empírica disponible, y nada más. Se arguye también que, a menos que la ciencia sea autónoma respecto a otras esferas e instituciones (políticas o religiosas), no es posible mantener la separación entre los valores e intereses particulares de los diferentes grupos y la ciencia, y por lo tanto se podría comprometer la búsqueda del conocimiento objetivo que sirve de base para las aplicaciones exitosas.<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> Valores e intereses no son lo mismo, aunque para algunos los intereses sean un tipo de valores, y para otros los valores se reduzcan a intereses. Podemos decir que los intereses guían nuestras decisiones y los valores guían juicios. Para muchos autores, sin embargo, los valores son objetivos sólo en la medida que forman parte de juicios. Esta es una distinción útil para entender cómo se usan esos términos, pero no pretende ser parte de una definición. En las ciencias sociales hay dos grandes maneras en las que se busca



El caso Lysenko, en la exUnión Soviética es un ejemplo que se utiliza como paradigma de por qué la ciencia debe ser autónoma. En la reconstrucción más común de este episodio de la historia de la genética se alude a la intromisión del poder político e ideológico del estalinismo como factor que explica los desastrosos resultados de una concepción equivocada (lamarckiana) de la herencia biológica, con funestas consecuencias para la agricultura soviética y el desarrollo de la biología en general en ese país. No hay que olvidar que los biólogos que no aceptaban la visión lamarkiana de los lineamientos estatales eran removidos de sus cargos o castigados, incluso mediante la prisión. Importantes genetistas soviéticos, como Timofeef-Ressovsky, se exiliaron en Europa Occidental ante la imposibilidad de desarrollar la genética en su país de origen. Este, pues, constituye un caso extremo que ejemplifica el peligro de que instituciones políticas, o el Estado, intervenga directamente en los contenidos de la investigación científica.

Un ejemplo más reciente es el escándalo suscitado en torno al científico sudcoreano Woo Suk Hwang, quien en 2005 publicó dos importantes artículos en las revistas más prestigiadas, *Science* y *Nature*. En esos artículos Hwang reportó avances espectaculares en el campo de la clonación humana y de la investigación en células madre embrionarias. En particular, anunció la creación de once líneas celulares compatibles genéticamente con nueve personas, a las que eventualmente podrían servir para llevar a cabo terapias que incluyen la sustitución de órganos. Hwang también reportó, en agosto de ese año, haber

---

explicar el comportamiento de un agente o actor social. Uno es sobre la base de intereses (asociado con el concepto de autointerés), y el otro basado en valores, que puede incluir motivaciones de todo tipo. Así, la noción de interés a través de la economía se asocia a una teoría de la racionalidad que se conoce como el modelo de la decisión racional. Desde esta perspectiva el término *valor* deja de ser importante en la medida que no se requiere más en la explicación del comportamiento económico. El término valor juega un papel explicativo en teorías que no aceptan la explicación racional del comportamiento basado exclusivamente en intereses. Se tiende a pensar que los valores son muchos y que no tiene mucho sentido decidir entre valores. En este sentido los valores no son comparables. Los intereses sí lo son. Es por ello bastante controversial hablar de una racionalidad de los valores, o “racionalidad axiológica”, pero es perfectamente posible (Boudon 1999). En la medida que pensamos que los valores no pueden ser parte de una caracterización racional de los agentes, tenemos razones para tratar de excluirlos de la ciencia. Pero si pensamos que los valores pueden ser parte de la explicación de una conducta racional, esa motivación para dejarlos fuera pierde fuerza. No vamos a entrar en esta discusión pero sí debe de quedar el lector advertido que vamos a defender a lo largo del libro que la racionalidad científica es axiológica, en el sentido de que la racionalidad no puede entenderse fuera de un contexto en que los juicios de valor juegan un papel indispensable.

conseguido el primer perro clonado de la historia. El descubrimiento de que sus resultados habían sido inventados ha desatado una serie de debates. Por un lado, se han hecho ver los aspectos morales o éticos del asunto, y el triunfo final del procedimiento de la revisión de resultados científicos “por pares”. Pero también se ha dicho y publicado mucho en torno al papel que jugó el gobierno de Corea del Sur al exigir y presionar a sus científicos para obtener resultados espectaculares en poco tiempo. Dicha exigencia, se dice, se da en un contexto que incluye tanto la competitividad sudcoreana en términos de desarrollo científico-tecnológico, la prohibición del gobierno estadounidense de financiar con fondos federales este tipo de investigación (lo que supuestamente abre oportunidades para otros países) y las tensiones –y la competencia– Corea del Sur con Corea del Norte.

Casos como éstos se usan para mostrar que la función del Estado debe restringirse exclusivamente a proporcionar los recursos necesarios a las comunidades científicas para que ellas se dediquen a hacer avanzar a la ciencia, sin interferir en su gobierno. A lo más se reconoce que el Estado tiene legítimamente la función de regular o de legislar sobre aquellas aplicaciones que generen conflictos con valores sociales.

Esta postura es sumamente popular. Por ejemplo, en una discusión con Francis Fukuyama, Gregory Stock (autor del best-seller *Redesigning Humans*) sostiene:

La selección de embriones, por ejemplo, es viable en miles de laboratorios en todo el mundo. Cualquier intento por obstruirla incrementará los peligros potenciales de esta tecnología. [...] El verdadero peligro está en que unas vagas amenazas a nuestros valores se usen para justificar incursiones políticas inadmisibles que retrasarán los adelantos médicos (Stock 2003, pp. 12-13).

En la perspectiva de Stock (en el capítulo 4 nos referiremos a las ideas de Fukuyama) cualquier intento de regular o restringir el desarrollo de la biotecnología sólo distorsionará el avance de la ciencia, que en este caso incluye a la medicina. El crecimiento científico, en la medida que se entiende como un proceso que no presupone valores extracientíficos, puede lograrse de manera más eficiente si las decisiones respecto a qué hacer respetan la autonomía de la ciencia.

Usualmente se piensa que la tesis de la autonomía descansa de manera importante en la tesis de la neutralidad, porque sin la pretensión de neutralidad no tendría sentido la de la autonomía. Pero esto no es necesariamente así. El conglomerado de instituciones científicas, por ejemplo, podría exigir una autonomía cuya finalidad sea la de promover la defensa de los intereses de la mayoría en contra de los intereses de unos cuantos. Esta autonomía puede justificarse de manera similar a como se justifica la autonomía de un organismo supervisor de las elecciones políticas de un país, por ejemplo. Las instituciones científicas están particularmente bien situadas para poder evaluar

la evidencia y cuestionar tecnologías promovidas por intereses comerciales que pueden ir en contra del interés de la mayoría, o en contra de valores compartidos y reconocidos como importantes en una sociedad determinada.<sup>5</sup> De hecho, esto es lo que hacen diversas agencias regulatorias en muchos países (como la EPA, en Estados Unidos). Esta idea de autonomía limitada es posible pensarla si atendemos al hecho de que *prácticamente* la gozan la ciencia y las instituciones científicas, así como al hecho de que la idea misma de autonomía –al igual que la de neutralidad– tiene una larga historia y cumple funciones sociales importantes.

## 2.4 LA AUTONOMÍA Y EL CONCEPTO DE *TRABAJO EN LA FRONTERA*

Sociólogos e historiadores han estudiado en las últimas décadas lo que se conoce como *trabajo en la frontera* (*boundary work*), esto es, los arreglos e interacciones que los científicos llevan a cabo al relacionarse con instituciones no científicas, ya sean políticas, educativas, religiosas o jurídicas, en las cuales se *demarca* a la ciencia de otras actividades intelectuales y se conforma simultáneamente su imagen pública. Los científicos también interactúan de maneras muy intensas con las instituciones educativas, buscando que la enseñanza de la ciencia sea parte importante de los programas educativos; o con la iglesia y grupos religiosos, al defender –llegando a las instituciones judiciales– la enseñanza de la teoría de la evolución darwiniana en Estados Unidos y la superioridad de la ciencia como forma de conocimiento. Los científicos también deben interactuar, en un número creciente de países, con diversas agencias que, en nombre de los intereses de la población civil, evalúan los riesgos y repercusiones de diferentes desarrollos científicos y tecnológicos.

En todas estas interacciones con comunidades e instituciones distintas a la científica, las fronteras de la ciencia misma entran en juego, son *negociadas* y muchas veces retadas, cuestionadas. La comunidad científica, que la mayoría de las veces *no* funciona como un bloque con intereses homogéneos, busca caracterizarse a sí misma (usualmente mediante *voceros* situados en posiciones privilegiadas), distinguiéndose o, incluso, en contraposición a otras instituciones. La mayoría de las veces, sin embargo, el *trabajo en la frontera* tiene que realizar la doble función de (re)establecer la *autonomía* de la ciencia (en términos prácticos), al tiempo que preserva y justifica la necesidad de recursos

---

<sup>5</sup> Esto por supuesto implica una autonomía limitada, y podría ser compatible con restricciones importantes a la tesis de la autonomía de la ciencia en cuestiones concernientes respecto a cómo se enseña. Después de todo, si los científicos van a desempeñar un papel importante en la detección de cuestiones de interés social (pues estos científicos tendrán una educación que promueva sensibilidad a ese tipo de cuestiones), esto tendría que ir aparejado al desarrollo de una visión diferente del papel del experto en la toma de decisiones.

que la sociedad en su conjunto, o determinadas instituciones (privadas o del Estado) otorgan a la investigación científica.

Thomas Gieryn, por ejemplo, ha analizado la retórica utilizada por los científicos en distintas épocas y frente a distintas organizaciones para delimitar la autonomía de la ciencia.<sup>6</sup> La construcción de una frontera o límite entre las actividades de los científicos y los no-científicos cumple varias funciones profesionales: adquisición de autoridad intelectual y oportunidades para desarrollar una carrera, negación de estos recursos a los “pseudocientíficos” y protección de la autonomía de la investigación científica de la interferencia política, por ejemplo. Si bien a partir de la década de 1960 ha crecido el número e intensidad de los movimientos que cuestionan a la ciencia y la tecnología, en general la ciencia sigue siendo percibida como “el único ocupante de un nicho distintivo en el ecosistema intelectual” (citado por Gieryn 1983, p. 783). Otras actividades generadoras de conocimiento, “como la religión, el arte, la política y el folclore son vistos como complementos”, más que como competidores. Pero la ciencia no siempre ha tenido este “nicho”; éste es resultado de la historia de lo que este autor llama el *ecosistema intelectual*, en el cual tales delimitaciones —que incluyen sobresalientemente la idea de la autonomía— se han establecido.

Una conclusión interesante de este tipo de estudios es que los científicos utilizan, pragmáticamente, conjuntos contradictorios de características de la ciencia para defender su autonomía, dependiendo de a quién va dirigido su discurso y en qué contexto se realiza éste. Las ambivalencias en la imagen pública de la ciencia reflejan tensiones o características propias de la institución científica; no es posible ver esto de manera simplista, como el resultado de una actitud *cínica* de los voceros de la ciencia. El físico británico John Tyndall (1820-1893), sucesor de Faraday como profesor y superintendente de la Royal Institution de Londres, por ejemplo, defendía a la ciencia con argumentos distintos, incluso contradictorios, dependiendo de si su defensa se hacía contra la Iglesia o contra las organizaciones de mecánicos e ingenieros. Esto ocurría en el contexto de la Inglaterra victoriana y postdarwiniana, cuando la ciencia no ocupaba aún el lugar preminente que hoy en día tiene dentro de las instituciones generadoras de conocimiento (Gieryn 1983). Frente a la autoridad de la religión, Tyndall enfatizaba la idea de que la ciencia es útil para promover el progreso tecnológico, mientras que

---

<sup>6</sup> Gieryn (1983) sitúa su análisis de la autonomía de la ciencia dentro de las distintas teorías sociológicas de la *ideología*, tema que aquí no nos preocupa. Basta señalar que para este autor el trabajo en la frontera es un estilo ideológico que se encuentra en los intentos de los científicos por construir una imagen pública. De acuerdo a Gieryn, la teoría (marxista) de la ideología, entendida como estructura que responde a *intereses*, y la teoría (parsoniana) de que la ideología refleja *tensiones*, son complementarias en un análisis de la retórica de la autonomía.

la religión es útil –si acaso– para promover consuelo en cuestiones emotivas; la ciencia es empírica en el sentido de que el camino hacia la verdad es la experimentación con los hechos observables de la naturaleza, mientras que la religión es metafísica porque depende de fuerzas no observables; la ciencia es escéptica y la religión es dogmática y, finalmente, la ciencia constituye conocimiento objetivo, libre de emociones, intereses privados, sesgos o prejuicios, mientras que la religión es subjetiva y emocional.<sup>7</sup> Tyndall, en cambio, se encontraba en una situación muy distinta al enfrentarse a los logros técnicos y a la autoridad de los ingenieros y mecánicos en la Inglaterra de la revolución industrial. Frente a ellos, Tyndall debía también defender la superioridad y autonomía de la ciencia, al tiempo que justificar la necesidad de contar con recursos y apoyo para un tipo de investigación que no necesariamente tuviera aplicaciones prácticas. En este caso, las características que se destacaban eran muy distintas a las de la retórica utilizada frente a la religión. Por ejemplo, Tyndall enfatizaba que la ciencia es la fuente de conocimiento, por el puro placer de conocer, de la cual depende la tecnología. La ciencia depende de la experimentación, mientras que la mecánica depende del ensayo y el error y, sobre todo, la ciencia es *teórica*, vá más allá de los hechos observables para descubrir los principios causales que se encuentran en procesos *no visibles* (Gieryn 1983, p. 786). Asimismo, los científicos descubren hechos como fines en sí mismos, mientras que los mecánicos lo hacen por su beneficio personal. La ciencia, pues, tiene más nobles propósitos como disciplina intelectual y como epítome de la cultura.

En resumen, mientras que el lado práctico y empírico de la ciencia se enfatizaba frente a la religión, su lado teórico y especulativo se resaltaba ante los ingenieros y mecánicos. Resulta interesante observar que pese a la clara transformación del contexto en que hoy en día se desenvuelve la ciencia, los –a veces– contradictorios argumentos enarbolados por Tyndall nos suenan familiares. Ejemplos históricos similares proporciona Gieryn al referirse al debate entre los anatomistas del siglo XIX y los frenólogos, a los que consiguieron aislar y expulsar de la comunidad científica catalogándolos como *pseudocientíficos* (una de las estrategias más utilizadas para defender la autonomía); o, en un ejemplo más reciente, al analizar el reporte de un comité de la National Academy of Sciences de Estados Unidos de 1982, en que se evalúa el papel de la intervención del Estado en la investigación científica básica por razones de “seguridad nacional” (en el contexto de la presidencia de Ronald Reagan) y se defiende la necesidad de la autonomía de la ciencia. En este caso, la autonomía de la ciencia se defiende

---

<sup>7</sup> Debe hacerse notar, sin embargo, que la actitud de Tyndall frente a la iglesia no era de ninguna manera la más común en su época. Hasta bien entrado el siglo XIX muchos científicos ingleses consideraban que era posible mantener la complementariedad de ciencia y religión, más que enfatizar sus características excluyentes.

diciendo que la creatividad que resulta de la relativa libertad de investigación sirve mejor a los intereses de la seguridad nacional, como lo demuestra (dicen los autores del reporte) el estado de superioridad científico-industrial-militar de Estados Unidos sobre la Unión Soviética.

Particularmente interesante, por lo que nos enseña acerca de los esfuerzos por preservar y promover la autonomía de la ciencia (y la tecnología), es la larga historia del debate en torno a la regulación de la ingeniería genética. Las estrategias y tácticas que les han permitido a los biólogos moleculares en Estados Unidos (y en Europa hasta mediados de la década de 1980) *autorregular* su investigación, impidiendo que fuerzas ajenas (en particular, las asociaciones civiles) tuvieran una participación significativa amerita una mirada más detallada que los anteriores ejemplos.

## 2.5 AUTONOMÍA Y REGULACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La historia de la regulación de la ingeniería genética se liga indisolublemente a la Conferencia de Asilomar II celebrada en 1975, a la que nos referimos brevemente en la Introducción. Asilomar ha sido, en la percepción popular promovida por los propios científicos, un ejemplo de la responsabilidad ética y la autocontención de la comunidad científica. Pero un análisis más profundo revela que los eventos que desembocaron en la moratoria de 1973 a la continuación de los experimentos de DNA recombinante y la celebración de dicha conferencia constituyen uno de los casos más exitosos de la construcción de la idea de la “autonomía” de la ciencia, como un medio para promover un conjunto de intereses muy claros, por parte de un sector (bastante prestigiado y elitista) de los biólogos moleculares.

Como vimos, la serie de experimentos llevados a cabo en la Universidad de Stanford por David Jackson, Robert Symons y Paul Berg, publicados en 1972, se consideran el parteaguas en la historia de las posibilidades de manipulación genética, ya que permitieron obtener por vez primera moléculas de DNA con genes de organismos provenientes de diferentes especies biológicas y que podían replicarse al ser insertados en una bacteria. El impacto de estos experimentos en varios contextos (los medios, la industria, las agencias gubernamentales de financiamiento científico y tecnológico) fue doble, tanto por los avances que permitirían en el conocimiento de la expresión génica de los organismos, como por sus posibles aplicaciones. Sin embargo, muy pronto generaron una discusión acerca de los peligros que estas técnicas podían involucrar, tanto en la comunidad científica como en las agencias gubernamentales de financiamiento de la ciencia.

Esa preocupación no ocurría en el vacío. Estados Unidos contaban con una larga experiencia de cuestionamiento de la ciencia y la tecnología, así como de movimientos civiles en torno a esos temas. En la década de 1960, en medio del auge de los movimientos sociales en contra de la guerra de Vietnam, así como de una creciente concien-

cia pública de las consecuencias de la contaminación ambiental y los riesgos laborales, existían dentro y fuera de las universidades norteamericanas numerosas organizaciones civiles (hoy día llamadas ONG) que criticaban de manera cada vez más radical a la ciencia y la tecnología. Asociaciones de académicos como *Science for the People*, con sede en Boston (más específicamente en la Universidad de Harvard), no sólo cuestionaban los usos de la ciencia y la tecnología, sino el sistema de intereses económicos, políticos e ideológicos en los que se llevaba a cabo la investigación. Ciertamente, esta no era la postura de la mayoría de los científicos y, de hecho, muchos señalaban el peligro de una crítica demasiado severa de la ciencia, la cual podría provocar no sólo falta de apoyo a la investigación (económico o político), sino el triunfo de concepciones oscurantistas o francamente fascistas.

Estados Unidos también gozaba, a mediados de la década de 1970, de una considerable trayectoria de crítica ambientalista y antinuclear. En contraste, la situación regulatoria ambiental en Europa se encontraba más atrasada. Puede decirse, pues, que la percepción de los riesgos de la naciente ingeniería genética (conocida entonces como “técnicas de DNA recombinante”) por los biólogos moleculares estadounidenses se daba en un contexto en el que proliferaban ese tipo de preocupaciones. Más aún, dados los eventos posteriores, hay elementos para pensar que los científicos decidieron dar el primer paso en la autorregulación, ante el “peligro” de que organizaciones civiles u otras instituciones no científicas más radicales comenzaran a tener influencia en el asunto (tal y como la tenían en ese momento en otros asuntos polémicos, como la regulación ambiental). Lo que es claro hoy en día, tras numerosas reconstrucciones históricas de esos acontecimientos, es que al menos en Estados Unidos (y en Europa hasta mediados de la década de 1980) la comunidad de los biólogos moleculares utilizó y promovió el argumento de la *autonomía* de la ciencia para alcanzar objetivos muy concretos (básicamente la continuación del apoyo financiero del Estado y la industria), lo cual tuvo importantes consecuencias para el futuro de la regulación de este campo.<sup>8</sup>

Como ya se dijo, era preocupante que los experimentos de Berg involucraran genes virales relacionados con el cáncer (oncogenes), que serían insertados en una bacteria (*Escherichia coli*) que habita normalmente en el tracto digestivo humano. En septiembre de 1973 dos eminentes biólogos moleculares (Maxine Singer y Dieter Soll) enviaron una carta a la National Academy of Science, que posteriormente fue publicada en *Scien-*

---

<sup>8</sup> La literatura sobre este tema es una de las más amplias en el campo de los estudios de la ciencia y la tecnología. Krinsky 1982, Wright 1994, Gottweis 1998 y Jasanoff 2005 son algunos de los libros en torno a la historia de la regulación de la ingeniería genética. Ver también el número especial de *Science as Culture* de diciembre de 2005 dedicado precisamente a ese tema.

*ce*,<sup>9</sup> en la cual llamaba a una moratoria en esos experimentos hasta no contar con estudios acerca de sus posibles riesgos para la población. Tan pronto estas preocupaciones alcanzaron con mayor fuerza a la opinión pública y se hizo patente el riesgo de perder el apoyo financiero y político para la investigación biomédica, la comunidad científica maniobró para construir un relativo consenso para autorregularse, acompañado de lo que la historiadora Susan Wright llama una *reducción del discurso*. Voces radicalmente disidentes siguieron existiendo (por ejemplo, el conocido crítico social Jeremy Rifkin o el biólogo molecular Jon Beckwith), pero fueron llevadas a una minoría, lo que permitía calificarlas de excéntricas y poco científicas.

Wright documenta las variadas tácticas utilizadas para restringir la discusión al ámbito académico y las instituciones científicas (por ejemplo, “limpiando” la lista de asistentes a la segunda conferencia de Asilomar) (Wright 1994). Tanto en Estados Unidos como en la Gran Bretaña, el argumento de la autonomía de la ciencia se enarboló para impedir que la normatividad cayera bajo el control de los respectivos ministerios de salud pública, como podía esperarse si el mayor riesgo posible era el de las epidemias no controladas de organismos recién creados en el laboratorio. La intervención de los ministerios de salud supondría restricciones a la investigación en las universidades, algo que era percibido por los científicos como un riesgo mayor que el de las epidemias. Berg, por ejemplo, elaboró una carta que circuló entre científicos reconocidos de Estados Unidos y Gran Bretaña previamente a su publicación en los *Proceedings of the National Academy of Science*, *Science* y *Nature*. Dicha carta eliminaba de la discusión la posible utilización militar de estas técnicas, y limitaba todo el asunto de los riesgos al diseño de *recomendaciones* de trabajo *en el laboratorio*. Asimismo, la carta solicitaba a los científicos el diferimiento de dos tipos de experimentos<sup>10</sup> y la conformación de un comité del NIH que evaluara más a fondo los riesgos, promoviendo para ello una investigación que evaluara los peligros de la nueva tecnología. El mismo día, el director del NIH anunció la toma de medidas sugeridas en ella, en particular la creación del comité (llamado inicialmente “NIH Recombinant DNA Molecule Program

---

<sup>9</sup> El propio editor de *Science*, Philip Abelson, le preguntó a Maxine Singer si estaba realmente segura de que quería publicar la carta abierta. Muchos científicos eran conscientes de los peligros de abrir esta discusión al público, dadas las restricciones que podrían erigirse contra la investigación (Wright 1994, p. 136).

<sup>10</sup> Aquellos que involucraran una mayor resistencia a antibióticos de bacterias o la posibilidad de producir nuevas toxinas; y aquellos experimentos que involucraran DNA de virus tumorales. También se advertía que los experimentos que transferían DNA animal a plásmidos o virus debían realizarse con cautela. Este aspecto de la carta de Berg fue posteriormente conocido como una petición de “moratoria provisional”.



Advisory Committee”) que estudiaría más a fondo los posibles riesgos de las nuevas tecnologías y que encabezaría el propio Berg.

El Comité Berg produjo un influyente reporte, así como el par de conferencias en Asilomar, a las que ya nos hemos referido. La conformación del comité era relativamente homogénea y, si bien incluía a científicos auténticamente preocupados por los riesgos de la nueva tecnología, estos personajes eran los mismos en cuyos laboratorios podían llevarse a cabo (y de hecho se realizaron) los siguientes experimentos. Más aún, esta era la misma gente sobre la cual actuaban las presiones académicas e industriales —es decir, las fuentes de financiamiento— para que se desarrollara el nuevo conocimiento y sus aplicaciones.

Por su parte, en Gran Bretaña se forma el Comité Ashby, a sugerencia del reconocido biólogo molecular Sydney Brenner —quien tenía estrechos contactos con su contraparte norteamericana—. Brenner y el Comité Ashby sugirieron uno de los conceptos más socorridos en el futuro de las normas de seguridad: el “contenimiento biológico” (*biological containment*), una recomendación que consistía en “desarmar” a las bacterias utilizadas en la experimentación (una cepa particular de *Escherichia coli*) para volverlas incapaces de sobrevivir fuera de las condiciones del laboratorio. El reporte Ashby, al igual que el Comité Berg, concluyó que los beneficios de la ingeniería genética excedían, con mucho, los posibles riesgos detectados inicialmente.

Para el momento en el que finalmente se celebró la conferencia de Asilomar II organizada por el Comité Berg (del 24 al 27 de febrero de 1975), existía ya la convicción de los organizadores de que la moratoria en los experimentos debía ser levantada, y que la política regulatoria debía emanar exclusivamente de la “comunidad científica”. Para ello el comité organizador elaboró una lista de invitados ya que, a diferencia de la mayoría de las conferencias científicas, a Asilomar sólo podía asistirse con invitación. Temas como el de los posibles usos militares de las nuevas tecnologías quedaron fuera y la muy extendida preocupación ante epidemias fue reducida a los peligros que afectaban exclusivamente a los técnicos y científicos directamente involucrados en el uso de técnicas de DNA recombinante. Como resultado de esa agenda diseñada y de las características de los invitados, no se discutieron asuntos que pudieran retrasar de nuevo la investigación y había una presión considerable para reiniciar los trabajos cuanto antes. A diferencia de lo que ocurría en el ámbito de la crítica y la regulación ambiental, el desconocimiento de los riesgos y la incertidumbre acerca de los posibles efectos negativos de estas tecnologías, no se consideraba digno de tomarse en cuenta,<sup>11</sup> por el contra-

---

<sup>11</sup> La incertidumbre, factor crucial en la toma de decisiones respecto al desarrollo tecnológico constituye hoy en día uno de los campos más estudiados y que mayor atención han recibido en aquellos países en los que se ha desarrollado más la

rio, era común escuchar comentarios como “si los riesgos no pueden ser cuantificados, ¿por qué sacarnos del negocio?”

El apresuramiento para reiniciar trabajos con las mínimas restricciones (liderado por los prestigiosos Joshua Lederberg y James D. Watson) se topó, sin embargo, con las firmes advertencias del par de abogados presentes, quienes hicieron ver a los participantes que la opinión pública tenía todo el derecho de poner límites a su libertad de investigación en cualquier momento en el que ésta pudiera afectar a terceros. Tanto el Congreso como las diferentes Cortes de Justicia podían hacerlo, y el abuso del argumento de la “libertad académica” podía ser contraproducente y generar reacciones contrarias que aumentaban el riesgo de fuertes restricciones legales. Paul Berg advirtió a la audiencia que si los resultados de Asilomar II daban la apariencia de ser autoindulgentes, la comunidad científica corría el riesgo de que se le impusieran normas y estándares “desde fuera”.

Dado el recuento anterior, es interesante que la Conferencia de Asilomar II sea percibida como ejemplo de la apertura y responsabilidad de la comunidad científica. Esa percepción se debe en gran parte a la manera como la prensa retrató el esfuerzo “sin precedente” de los propios científicos por autorregularse. Pero también a la manera como un sector muy prestigiado de los científicos y las agencias de investigación científica (como la Academia Nacional de Ciencias, *NAS* por sus siglas en inglés y el *NIH*) manejaron el asunto públicamente. Un legado importante de la conferencia de Asilomar consistió en establecer que el peso de la prueba (en torno a los riesgos de esta tecnología) residía en los científicos y en sus instituciones (el *NIH*, la *NAS*, el Consejo Nacional de Investigación, *NRC* por sus siglas en inglés). La estrategia seguida, sin embargo, consistió en sostener que dado que no habían ocurrido accidentes, entonces las técnicas eran relativamente seguras y las preocupaciones iniciales infundadas. Con dicho argumento, apenas dos años después de Asilomar II y ante la ausencia de accidentes, comenzaron a relajarse las recomendaciones que habían resultado de la conferencia. Muchos científicos y organizaciones señalaron que la ausencia de accidentes no probaba la ausencia de riesgos, pero fueron considerados alarmistas.

El triunfo del argumento de la autonomía, que se refleja en la “autorregulación” ejercida por los biólogos moleculares no debe, sin embargo, hacernos creer ingenuamente que las políticas científicas en esta área estuvieron a cargo de los científicos. Instituciones que responden a intereses nacionales, como el *NIH*, o los numerosos intereses industriales han jugado un importante papel en el relajamiento de las recomendaciones, en parte, asignando a un restringido grupo de científicos (los “expertos”) la necesaria autoridad para

---

regulación democrática de la ciencia y la tecnología. Asociada con la incertidumbre se ha desarrollado una de las ideas más difundidas en el ámbito de la regulación: el llamado *principio de precaución*. Volveremos a este en otras partes del libro.

“autorregularse”. Dichos expertos, sin embargo, con frecuencia son actores íntimamente involucrados con los mismos intereses industriales y financieros, como ya señalamos.

Para concluir, retomemos la discusión acerca del papel de los valores en la ciencia y la importancia de la idea de la autonomía. Señalamos ya que una de las estrategias con que tradicionalmente se defiende la idea de que la ciencia está libre de valores consiste en ligarla con una concepción de las explicaciones científicas que las considera como leyes que tienen aplicación universal, y que se corresponden con un orden subyacente, esto es, formalizables e independientes del contexto en que se aplican. Un problema con esta noción de la ciencia es que en áreas como la ingeniería genética el conocimiento es precisamente *dependiente* de un contexto material que incluye sustancias, procesos (como la realización correcta de ciertas técnicas), aparatos o instrumentos, así como organismos o partes de organismos. El contexto de generación de conocimiento experimental se encuentra, pues, íntimamente conectado con el desarrollo de la tecnología, y por lo tanto, con la industria y, más en general, con las políticas de planeación y financiamiento de la ciencia y la tecnología, como mencionamos al inicio de este capítulo.

La ingeniería genética se desarrolla en buena parte como resultado de los avances de la biología molecular, cuyos orígenes —a su vez— pueden rastrearse a una serie de proyectos de *ingeniería social* que contaron con fuertes inversiones, los cuales guiaron la política científica de numerosos institutos y universidades en las décadas de 1930 y 1940 en Estados Unidos y parcialmente en Europa. Este hecho ha sido ampliamente analizado en trabajos históricos que han documentado el peso que jugó la Fundación Rockefeller en combinación con intereses industriales, a veces muy localizados (Kay 1988, 1993, Abir-Am 1982, Fox Keller 1992, entre otros). No queremos decir que la investigación que se estaba realizando en la década de 1970 sea el resultado inevitable de las políticas científicas de cuatro décadas antes, pero ciertamente la ingeniería genética (como ha documentado ampliamente Daniel Kevles en su clásico *In the Name of Eugenics*, 1988) tiene una honda raíz en las intenciones e intereses de quienes planearon y promovieron un nuevo tipo de investigación biológica que debía convertir a ésta en una ciencia capaz de transformar (materialmente) a los seres vivos, es decir, con la capacidad de manipulación de procesos fundamentales como la herencia. Eventualmente ese tipo de investigación, altamente tecnificada, se convirtió en un conjunto de recursos técnicos novedosos. Esta conexión histórica con el movimiento de eugenesia y con diferentes versiones de la idea de “ingeniería social” ha sido resucitada en relación con los temores que surgen con los posibles usos de la información obtenida mediante el Proyecto Genoma Humano.

La regulación de la ingeniería genética también nos proporciona una primera mirada a la diversidad de valores que conviven en la comunidad científica. Científicos fuertemente interesados en el desarrollo de la ciencia, por ejemplo, pueden ser o no in-

diferentes ante sus usos para la guerra. El deseo de reiniciar cuanto antes la experimentación, por ejemplo, con la connotación de que el científico tiene el objetivo de avanzar en la búsqueda de conocimiento, el cual es inseparable de la necesidad de encontrar un ambiente político y financiero favorable para este tipo de investigaciones.

### 3.0 INTRODUCCIÓN

Una idea muy difundida sobre la tecnología y su relación con otros ámbitos sociales (incluido el cambio social) es la tesis *instrumentalista*. El instrumentalismo es el correlato de las ideas que revisamos en el capítulo anterior, relativas a la autonomía de la ciencia y a la distinción entre valores “cognitivos” y valores “sociales”. Bajo esta perspectiva se entiende a la tecnología también como una esfera autónoma pero subordinada a valores establecidos en otras esferas de la vida social, como la política o la cultura. No se trata, sin embargo, de una postura meramente especulativa. El instrumentalismo ha sido eje, a lo largo del siglo xx, de la mayoría de los planes de desarrollo nacionales e incluso internacionales. En cambio, como veremos en el siguiente capítulo, los grupos e individuos con posturas críticas frente al cambio tecnológico en general, o frente a ciertas tecnologías en particular, comparten muchas veces una visión *determinista* de la tecnología.<sup>1</sup> De ahí la inminencia práctica, y no sólo teórica, de entender ambas posiciones y la necesidad de una crítica que nos permita contar con perspectivas alternativas para entender el cambio tecnológico en relación con las necesidades del desarrollo humano.

### 3.1 LA TESIS INSTRUMENTALISTA

El instrumentalismo se basa en la idea común de que las tecnologías son herramientas que carecen de un contenido de valores, es decir, sostiene que son *neutras* respecto a

---

<sup>1</sup> No deja de llamar la atención el oportunismo con el que algunos personajes y corrientes políticas asumen posturas deterministas frente a unas tecnologías, e instrumentalistas frente a otras. Gobiernos de inspiración conservadora, por ejemplo, pueden mantener una postura determinista respecto a los riesgos morales o para la estructura de la familia, de la investigación en células madre o de las técnicas de reproducción asistida; pero, en cambio, defienden una postura instrumentalista al referirse al desarrollo de armamento: éste puede usarse con fines distintos, se afirma, como la lucha contra el terrorismo y por la democracia.

valores e intereses y, por tanto, se encuentran disponibles para cumplir con cualquiera de los propósitos o intenciones de sus usuarios. Esto quiere decir varias cosas. El filósofo de la tecnología Andrew Feenberg identifica al menos cuatro sentidos en los que se expresa la tesis instrumentalista de la tecnología:

1. En primer lugar, se habla de la neutralidad de la tecnología como un caso especial de la neutralidad de los instrumentos, “que se encuentran sólo de manera contingente relacionados con los valores sustantivos a los cuales sirven”. La tecnología es indiferente, en este caso, a la variedad de fines en los que puede emplearse.
2. En segundo lugar, la tecnología parece ser indiferente a la política, al menos en el mundo moderno. Un martillo es un martillo, una máquina de vapor es una máquina de vapor y tales herramientas son útiles en cualquier contexto. La tecnología, en ese sentido, parece muy “diferente a las instituciones legales o religiosas, las cuales no pueden transferirse eficientemente a nuevos contextos debido a que se encuentran tan entrelazadas con otros aspectos de las sociedades en las que se originaron”.
3. La neutralidad sociopolítica de la tecnología usualmente se atribuye también a su carácter “racional”, a la universalidad de la “verdad” que ella encarna. Dice Feenberg: “las proposiciones causales verificables, en las cuales se basa (la tecnología) no son social ni políticamente relativas sino que, como las ideas científicas, mantienen su estatus cognitivo en cada contexto social concebible. Lo que funciona en una sociedad puede esperarse que funcione bien en otra sociedad.”
4. La tecnología es neutra porque responde y funciona con las mismas normas de eficiencia en cualquier contexto. “Su universalidad significa que los mismos estándares de medición pueden ser aplicados en diferentes contextos” (*ibid.*, p. 6). Por ejemplo, se dice que la tecnología incrementa la productividad de diferentes países, sociedades, e incluso civilizaciones (Feenberg 2002, pp. 5-6).

Como puede verse, la tesis instrumentalista comprende en realidad un conjunto de ideas. Por una parte, apela al aspecto funcional de los artefactos y a los criterios racionales de su construcción: un martillo puede ser usado para clavar una mesa o para golpear fatalmente a otra persona; la herramienta es la misma, lo importante es que en el diseño y estructura del martillo se tomen en cuenta los criterios o valores que lo hacen una herramienta *funcional*. El principio de la eficiencia o, como señala Broncano, el principio de optimización, son clave para entender a la tecnología en este sentido. Y como señala también Feenberg, ello implica una especie de “*trade-off*”: en la medida en

que se optimizan variables de la tecnología que no son estrictamente funcionales, como el cuidado al ambiente, u objetivos morales o religiosos, disminuye su eficiencia.

La postura instrumentalista también supone —de manera análoga al caso de la tesis de neutralidad de la ciencia— que es posible distinguir los valores que guían el cambio tecnológico, de otro tipo de valores que podemos llamar “sociales”. Es el agente, sea un individuo, una institución o una sociedad, quien encarna los intereses y valores no-tecnológicos bajo los cuales se pone en uso al objeto tecnológico. Esto constituye el núcleo de la idea de que la tecnología puede actuar con la misma eficiencia y productividad bajo contextos sociales (políticos) o de valores muy distintos, que son ajenos a su “núcleo material”. Una buena tecnología es buena independientemente del contexto: será una herramienta igualmente eficiente tanto si se utiliza en un régimen socialista como si se usa en un régimen capitalista, o, considerando las polaridades contemporáneas, en un país islámico o cristiano, oriental u occidental.<sup>2</sup>

Todos estos significados se encuentran relacionados, pero generalmente de manera implícita. Y constituyen una visión de la tecnología con numerosas ramificaciones e implicaciones. Por ejemplo, la tesis instrumentalista se encuentra detrás de la idea de que son los “errores humanos” o a la intervención de intereses y valores extra-tecnológicos (como la corrupción política o económica) los responsables de fallas y tragedias tecnológicas. El accidente nuclear de Chernobyl, ocurrido en la Unión Soviética (actualmente Ucrania) en 1986, por ejemplo, se presenta en los medios de comunicación como el resultado de “una cadena de errores humanos”. A lo más, esta cadena se ve como resultado de un contexto adverso al correcto funcionamiento de dicha tecnología (una Unión Soviética deteriorada económicamente por la continua guerra fría). Por supuesto, no queremos decir que en éste y muchos casos no intervenga el “factor humano” (de hecho, interviene sistemáticamente); lo que queremos enfatizar es que en la concepción instrumentalista la intervención humana es vista en distinción o, más aún, en contraposición a los valores que supuestamente son sólo tecnológicos, afectando así (negativamente) su función.

Tales valores constituyen la llamada *racionalidad tecnológica*, es decir, el conjunto de razones y proposiciones causales que guían las decisiones en torno al diseño y construcción de un aparato o la utilización de una técnica.<sup>3</sup> En esta misma línea, el discurso tecnocrático califica de “no-racionales” a los valores y criterios que no son estrictamente

---

<sup>2</sup> El fracaso de innumerables intentos de “transferencia tecnológica” al Tercer Mundo (como la llamada Revolución Verde en la década de 1950 en México y posteriormente en otros países de Asia y África) atestiguan, sin embargo, en contra de esta creencia.

<sup>3</sup> Esta idea se conecta con una de las formas en que se entiende el determinismo tecnológico, en su vertiente normativa (ver capítulo 4).

tecnológicos y que pueden afectar, a veces con consecuencias desastrosas, el desarrollo tecnológico.

Pero una caracterización del instrumentalismo estaría incompleta si no tomara en cuenta a los usuarios de la tecnología:

La teoría instrumentalista de la tecnología (...) comparte la idea de sentido común de que los sujetos de acción –por ejemplo, el trabajador o el estado– pueden definirse independientemente de sus medios. Pero en realidad los sujetos y los medios se encuentran dialécticamente entrelazados: (...) El ejército no está relacionado de manera meramente accidental con sus armas, sino que se estructura alrededor de las actividades que éstas llevan a cabo. De manera similar, la escuela no “usa” a sus profesores o a sus conocimientos como medios para sus objetivos educacionales, sino que se constituye *qua* actor por estos “medios” (...). Si esto es así, la transformación sociotécnica no puede ser concebida en términos de categorías instrumentales porque el solo acto de usar tecnología reproduce lo que se supone que va a ser transformado (Feenberg 1991, p. 63).

Si los medios definen al agente, entonces el uso sistemático de tecnologías que promueven elementos “alternativos” a las formas hegemónicas (por ejemplo, el uso de fuentes de energía alternativas, o la producción y consumo de productos *orgánicos*) genera individuos y relaciones sociales distintos. Este hecho apunta a las múltiples posibilidades que parece encerrar el cambio “sociotécnico”. Cabe esperar que la modificación del entorno tecnológico (las condiciones materiales) promueva la modificación (física, práctica, ética) de sus usuarios. Es sobre la base de esta idea que es posible pensar no sólo en la “democratización” de la tecnología (es decir, que un mayor número de individuos o naciones tengan acceso a ella), sino en la posibilidad de construir sociedades más democráticas en relación con nuevas tecnologías, que sean el resultado de procesos de construcción distintos a los predominantes hoy en día (ver capítulo 9).

Como decíamos, el instrumentalismo tecnológico se encuentra emparentado con la idea de la neutralidad y la autonomía de la ciencia. El supuesto de que la ciencia es una forma de conocimiento fundamentalmente teórica, neutral respecto a valores y autónoma de otras esferas de la vida social (sea como sea que se caractericen estas nociones), se conecta con frecuencia con la idea de que la tecnología –vista como el resultado o la *aplicación* de ese conocimiento *teórico*– se piense también como *neutra* con respecto al contexto, y en particular con respecto a valores o intereses ajenos a los propios valores “tecnológicos” y, en su caso “científicos”, que le dan sustento. Esta conexión, sin embargo, no necesariamente se cumple. Podemos pensar en la autonomía de



la tecnología respecto de la ciencia (como lo hace toda una generación de historiadores de la tecnología) y de cualquier manera pensar que la primera es inmune, en su desarrollo, a los valores e intereses “sociales”, ya que responde fundamentalmente a valores propiamente tecnológicos.

Lo que parece estar detrás de la tesis de autonomía en ambos casos es, más bien, el proceso histórico de constitución tanto de las instituciones científicas (capítulo 2) como de la tecnología. En ambos casos se han desarrollado y estabilizado diferentes formas de defender y construir esa supuesta autonomía. En el caso de la tecnología, la idea de la autonomía se asocia especialmente con el desarrollo del pensamiento y las prácticas tecnocráticas en el siglo XIX. Existen muchos estudios históricos que documentan el impacto de esos movimientos en el desarrollo del instrumentalismo. En Inglaterra, por ejemplo, el movimiento benthamita pretendía sustituir en las instituciones públicas (de salud o administrativas) el predominio de los criterios tradicionales en la elección de servidores públicos (como el origen familiar y de clase), por criterios y personas provenientes de los ámbitos *científicos y tecnológicos* (ver, por ejemplo, Desmond 1993). La toma de decisiones en las instituciones *modernas* debía llevarse a cabo de acuerdo a valores como la eficiencia y la productividad, asociados con la esfera tecnológica y el auge de la sociedad industrial, dejando de lado cualquier apelación a “otras” esferas de la vida social, que incluían valores e instituciones como el honor, la costumbre o la herencia.

Se ha documentado, por ejemplo, la importancia del movimiento tecnocrático en la difusión de una cultura basada en la cuantificación de los fenómenos sociales y en la asignación de cifras a diferentes aspectos de la vida social (Porter 1995). Los problemas que planteaba el desarrollo industrial del siglo XIX requerían un nuevo tipo de aproximaciones y soluciones, ya no basadas en criterios personales o de tradición, sino en la opinión de los *expertos*.<sup>4</sup> Problemas como el cálculo del precio justo de un pasaje de tren requerían la intervención de administradores, economistas e ingenieros, quienes debían calcular factores tales como el deterioro periódico de las vías del tren, las locomotoras y otros componentes, los gastos de combustible, el tránsito o número de pasajeros, la frecuencia y la longitud de los viajes, entre otros. Evidentemente, estos problemas requerían la formación especializada en disciplinas particulares. El cálculo resultante, si pretendía ser “justo”, debía ser “objetivo” (*frío como una maquinaria*), y no podía responder a las demandas de grupos particulares, fueran los usuarios en general o las clases privilegiadas que usualmente habían estado al frente de las instituciones del

---

<sup>4</sup> El tema de los “expertos” (*expertise*) constituye, como veremos en diferentes partes del libro, pero sobre todo en la tercera parte, uno de los temas más controvertidos e interesantes de la relación ciencia-tecnología-sociedad. Aquí sólo podemos mencionarlo.

Estado, en muchos casos, incluso, ocupando cargos hereditarios. La tecnocracia, pues, ha sido una de las principales defensoras de la idea de que las decisiones tecnológicas deben tomarse de manera autónoma, por expertos. Pero la tecnocracia no ha sido la única en impulsar el instrumentalismo. Tanto los regímenes totalitarios como los liberales del siglo xx fueron, quizás, quienes con mayor fervor abrazaron la idea de que la tecnología es autónoma respecto a intereses o valores, y que su desarrollo y uso debe impulsarse para ajustarse a las necesidades en turno.

Por supuesto, en la cuestión acerca de si la tecnología es neutra con respecto al contexto social y, en particular, respecto a los valores e intereses de los diseñadores y de los usuarios se juega una cuestión esencialmente *política*. En cuanto se reconoce que los valores e intereses de un número mayor de agentes intervienen sistemáticamente (es decir, no como una situación extraordinaria) en el diseño de tecnologías, es factible hablar —en sentidos que no exploraremos en este capítulo— de la relación entre democracia y tecnología. Pero en tanto se mantiene la tesis de la autonomía de la tecnología, se defiende una visión en la que los seres humanos, individual y colectivamente, poco tienen que hacer frente al cambio tecnológico. Mientras que el determinismo tecnológico (como veremos en el siguiente capítulo) conduce a asumir la inutilidad de la intervención humana frente a la lógica ineludible del desarrollo tecnológico, la concepción instrumental nos lleva a aceptar las tecnologías actuales de manera acrítica, en espera de que relaciones sociales más justas permitan darles un uso más democrático y equitativo a nuestras máquinas y herramientas. Pero, como intentaremos hacer ver con más detalle en el caso del desarrollo de las técnicas de reproducción asistida (TRA, capítulo 4), las tecnologías encarnan valores e intereses, y el análisis crítico de éstos permite, y de hecho ha permitido, tener una respuesta individual y colectiva capaz de modificar sus características. En breve, la crítica al instrumentalismo nos permitirá visualizar las amplias posibilidades que se abren al tomar en cuenta la compleja interacción entre tecnología y sociedad.

### 3.2 TECNOLOGÍA, VALORES E INTERESES

Pese a su predominio en el pensamiento contemporáneo y en la toma efectiva de decisiones gubernamentales y supranacionales, la idea de que la tecnología es neutra con respecto a los valores e intereses de una determinada época, clase social o grupo, ha sido ampliamente cuestionada desde el siglo xix. Por un lado, contamos con numerosos ejemplos que revelan sus limitaciones. Destaca, por su magnitud, la evidencia histórica del fracaso de los regímenes comunistas, que pretendieron sustentar el avance del socialismo y los valores asociados a él en el desarrollo tecnológico industrial. De fondo, se encontraba la creencia de que la tecnología podía desarrollarse y orientarse sin problemas para la promoción de esos valores; Lenin afirmaba, por ejemplo, que el socialismo

no era más que la suma de generadores eléctricos y *soviets*. Pero el desarrollo social en esos países y sus complejas interacciones con el resto del mundo demostraron no sólo el simplismo de la tesis, sino el grado superlativo en el que la tecnología “comunista” había incorporado los valores asociados con el productivismo capitalista.<sup>5</sup>

Diferentes pensadores y movimientos sociales han sostenido que las tecnologías incorporan y permiten o invitan a reproducir valores e intereses concretos. Si esto es así, entonces no es claro que podamos utilizar el mismo tipo de instrumentos tecnológicos en diferentes formaciones sociales (como lo quería Lenin), ni que todas las tecnologías sean compatibles con cualquier tipo de sociedades, instituciones u organizaciones sociales (como lo querían los impulsores de la Revolución Verde en Latinoamérica, África y Asia). Pero, ¿qué se quiere decir al afirmar que los artefactos tecnológicos “incorporan valores” y/o están “cargados políticamente”? Más allá de que podemos juzgar positivamente a las máquinas, artefactos y sistemas por su contribución a la mayor productividad, o negativamente por sus efectos contaminantes en el ambiente, el núcleo de la cuestión radica en especificar las formas en que estos objetos y las prácticas que los ponen en uso encarnan formas específicas de poder y autoridad (es decir, intereses o valores propios de un grupo social).

Hay formas distintas de responder estas interrogantes. Una aproximación muy influyente expuesta por Langdon Winner en un artículo que hoy en día se considera un clásico (1980, reeditado en 1999). Según Winner hay dos maneras en que los artefactos incorporan valores o intereses y, en concreto, dos maneras en que pueden contener propiedades políticas. En primer lugar, se encuentran aquellos casos en los que el invento, diseño o arreglo de un artefacto técnico o un sistema específico se convierte en una manera de establecer algo (*settling an issue*) en una comunidad específica. En segundo lugar, se encuentran los casos de lo que se podría llamar tecnologías inherentemente políticas, sistemas hechos por el hombre que parecen requerir o ser fuertemente compatibles con tipos particulares de relaciones políticas (Winner 1999, pp. 29-30).

Como ejemplo del primer caso, Winner se refiere a los aproximadamente doscientos puentes localizados en la zona de Long Island, Nueva York, diseñados y cons-

---

<sup>5</sup> Una consecuencia con implicaciones abrumadoras es el grado de contaminación ambiental que esa tecnología y el productivismo exacerbado generaron, en las décadas de la posguerra, en los países de la esfera de influencia soviética. Este fenómeno fue notado muy pronto por los ecologistas, por ejemplo en 1972, en el libro que René Dubos y Barbara Ward escribieron para la primera conferencia sobre medio ambiente de la ONU, organizada en Estocolmo. Ward, una reconocida economista de la corriente “distribucionista” es considerada precursora de la idea del *desarrollo sustentable* (Dubos y Ward 1972).

truidos entre las décadas de 1920 y 1970 por el arquitecto Robert Moses. Es notorio que esos puentes tienen una baja altura, deliberadamente diseñada para desalentar (de hecho, para evitar) el paso de camiones de transporte público. Moses, constructor de parques, vías y puentes característicos del paisaje neoyorquino, conscientemente imprimió en el diseño de esos puentes sus prejuicios de clase. Construirlos a baja altura permitiría el acceso de los “blancos de clase alta y media-acomodada, dueños de automóviles”, mientras que restringiría el paso a los pobres y a los negros, usuarios comunes del transporte público. Moses –quien evidentemente contaba con una red de influencias notable en el gobierno de la ciudad– llegó al punto de vetar la construcción de una extensión del tren de Long Island hacia Jones Beach, donde se localizaba uno de sus parques más aclamados.

El ejemplo de los puentes de Long Island muestra un arreglo de los objetos de acuerdo a ciertos valores encarnados en Moses, que antecede a su uso. “Un artefacto específico es diseñado y construido de manera que produce un conjunto de consecuencias lógica y temporalmente *previas* a cualquiera de sus usos manifiestos” (*ibid.*, p. 32). Para Winner, sin embargo, el segundo tipo de casos ofrece la versión más fuerte y sugerente de la idea de que los artefactos tienen una *carga* política. En este caso, se trata de tecnologías que parecieran requerir, o al menos ser fuertemente compatibles, con cierto tipo de instituciones u organizaciones sociales. La energía nuclear es un ejemplo que ya hemos mencionado. Dada la peligrosidad del material radiactivo y de su potencial uso en la construcción de armas atómicas, la obtención de energía nuclear parece requerir de instituciones y arreglos sociales fuertemente centralizados y autoritarios. La obtención de energía solar, por el contrario, basada en la construcción y uso de celdas solares, cuyo costo puede ser relativamente solventado por un ciudadano particular, pareciera ser compatible con formas políticas autogestivas y más democráticas.

Las ideas de Winner han influido muchos análisis y han sido retomadas por algunas vertientes sociológicas de estudio de la tecnología, como la escuela de los Estudios Sociales de la Tecnología o SCOT (por sus siglas en inglés, *Social Construction of Technology*) (ver capítulo 5). Sin embargo, a nuestro juicio su caracterización adolece de ingenuidad política y tiene serias limitaciones. En el ejemplo de los puentes neoyorquinos se muestra una intencionalidad explícita, encarnada en Moses y sus aliados del gobierno neoyorquino; asimismo, no es difícil pensar en que los grupos ecologistas (con agendas públicas) sean actualmente los principales promotores del uso de la energía solar. Pero es relativamente fácil pensar en ejemplos en los que la intencionalidad, en este caso los intereses, no sean explícitos. Generalmente se diseñan tecnologías –como las computadoras o los celulares– que moldean la manera en que la gente trabaja, se comunica, viaja, consume o produce mercancías sin que podamos reconocer a simple vista qué valores o intereses promueven y en qué grupo de actores lo hacen. En ese proceso

de diseño diferentes agentes o grupos se sitúan de manera diferencial, con diferentes grados de poder y conciencia.

Pensemos, por ejemplo, en la manera en que numerosas estructuras urbanas (edificios, transporte) y de comunicación se constituyen en un obstáculo para las personas con alguna discapacidad física. O, para citar un ejemplo “mundano” de Latour (1988), la forma en que un mecanismo automático para cerrar una puerta puede actuar en contra de grupos como los niños o los ancianos. Confrontado con estos ejemplos, la idea de Winner parece descansar en una visión simplista de la estructura de los intereses y la sociedad. De manera similar, en las explicaciones de la escuela de los SCOT (que revisaremos en el capítulo 5), la idea de que en el diseño de los artefactos intervienen valores e intereses se argumenta mediante el estudio de casos o situaciones locales que permiten explicitar a agentes concretos pero no incorporar factores sociales de mayor envergadura en la explicación, como pueden ser las diferencias de género y clase, la organización o estructura social o el régimen político.

Un problema más de fondo con este tipo de explicaciones es su falta de consideración del problema de cómo la tecnología moldea también a los agentes. Si bien se intenta explicar la manera en que la tecnología está cargada de valores, no se dice nada acerca de cómo ésta moldea a los agentes. Esto conduce inadvertidamente a un callejón sin salida que podríamos llamar la *paradoja de la tecnología*. Si se asume la crítica al instrumentalismo y se acepta que los agentes son igualmente moldeados por la tecnología que emplean, entonces, ¿cómo esperar y dar cuenta de la construcción de tecnologías que respondan a otros valores que no sean los valores de la “racionalidad tecnológica” dominante?

Una respuesta común es rechazar a la tecnología como un todo y pretender sustituirla por proyectos “civilizatorios” alternativos, como *el regreso a la naturaleza* y la exaltación de valores “holistas” de algunos grupos ecofeministas. En el marco actual tales posturas reciben generalmente el calificativo de irracionales. En cierto sentido lo son, pues parecen plantear que la disyuntiva se encuentra entre el desarrollo tecnológico y el desarrollo humano. Tales proyectos son rápidamente abandonados, o al menos abrazados sólo por unos cuantos, ya que es difícil sostener un sistema social basado en las carencias materiales. A lo largo del siglo xx diferentes autores que se han caracterizado por su perspectiva crítica ante el papel de la tecnología en la sociedad contemporánea han tratado de resolver este dilema, sin realmente alcanzar una solución satisfactoria. Una primera aproximación al problema la encontramos en la obra de Marx.

### 3.3 LA TRADICIÓN CRÍTICA MARXISTA

Podemos adoptar, con Feenberg (1991) la propuesta de que resulta útil rescatar lo que él llama la *tradicón crítica* en el pensamiento social sobre la tecnología. Esta tradición

tiene sus raíces en la teoría marxista y hoy en día llega a autores como el propio Feenberg, pasando por la Escuela de Frankfurt e incluso Foucault. La tradición crítica ha concentrado su análisis en lo que Winner clasifica como el primer sentido en el que los artefactos incorporan valores o intereses. Esto es, el caso en el que el diseño de una tecnología o artefacto sirve para dirimir un asunto y, en ese sentido, apoya o reproduce ciertos valores e intereses. Pero el análisis de la tradición “crítica” va más allá de la propuesta de Winner en dos sentidos.

En primer lugar, autores como Carl Marx, Herbert Marcuse y David Noble sostienen que ciertos valores o intereses que se plasman en el diseño tecnológico responden a una *lógica o racionalidad*, en este caso, de las relaciones sociales capitalistas. Su foco de atención no son los casos aislados o individuales en los que los valores o la ideología de una persona o un grupo (Moses o los ecologistas, por ejemplo) entran en acción, sino aquellas tendencias (la industrialización, el control social) e instituciones (las escuelas y universidades, por ejemplo) que trascienden a los individuos y permiten la reproducción de un grupo particular de valores generales, como la productividad o la eficiencia, y de estructuras sociales complejas como la estructura de clases o de géneros, el marco legal y económico en el que opera esa tecnología, o la creación de jerarquías en el sitio de trabajo. Desde nuestro punto de vista, ello constituye un avance en la solución a la paradoja de la tecnología, ya que permite ubicar con mayor precisión a los agentes que intervienen en el cambio social y tecnológico (si bien se nos revelan en su mayor complejidad).

En segundo lugar, la tradición crítica se ha caracterizado por señalar una tensión o *ambigüedad* características en la tecnología: por un lado, la tecnología es la *reificación* de relaciones de poder o dominación, es decir, un conjunto de objetos que reproducen los valores e intereses del capital (entendido como relación social); pero, por otro, la tecnología es también apreciada en su dimensión liberadora *potencial*, reconociéndose que ésta no puede ser menospreciada como un producto meramente ideológico (o para el caso, de valores) sino que *objetivamente* su contenido constituye una extensión de las capacidades humanas. Dicha tensión apunta al núcleo de lo que llamamos la paradoja de la tecnología y de su posible solución. Asimismo, el hacer explícita esta tensión ha sido fructífero en diversos análisis de la *sociedad industrial avanzada* (Marcuse) y ha hecho resucitar el interés por el enfoque marxista en los estudios sobre la tecnología (Noble 1986, Feenberg 1999, 2002).

La postura de Marx es particularmente compleja e incluso contradictoria. Hay pasajes de *El Capital* en donde sostiene que no es la tecnología misma, sino su *empleo* en el modo de producción capitalista, lo que hace pernicioso a la maquinaria. En un conocido pasaje en el cual se refiere a la destrucción masiva de máquinas por parte del movimiento *ludista* (en las primeras dos décadas del siglo XIX), Marx señala: “se requirió tiempo y experiencia antes de que el obrero distinguiera entre la *maquinaria* y su

*empleo capitalista*, aprendiendo así a transferir sus ataques, antes dirigidos contra el *mis-mo medio material de producción*, a la *forma social de explotación* de dicho medio” (1984, p. 523 énfasis original). Más adelante, al hablar del desplazamiento de los obreros por la maquinaria, sostiene, “es un hecho indudable que la *maquinaria* no es responsable *en sí* de que a los obreros se los ‘libere’ de los medio de subsistencia (...). ¡Las *contradicciones y antagonismos inseparables del empleo capitalista de la maquinaria no existen, ya que no provienen de la maquinaria misma, sino de su utilización capitalista!*” (p. 537). Un análisis más amplio de la obra de Marx corrobora su espíritu progresista, esto es, la idea de que en la medida en que la tecnología pudiera cumplir con las demandas materiales de la sociedad, haría innecesaria la explotación.

Sin embargo, esta postura convive ambiguamente con otra: que las relaciones sociales capitalistas se *corporifican (encarnan)* en el desarrollo de la tecnología. Según Marx, el desarrollo material queda impregnado del carácter social de las relaciones de producción capitalistas. Estas se manifiestan en el mejoramiento de la máquina-herramienta a partir de la revolución industrial (repetiendo la organización del trabajo, tanto en sus aspectos cooperativos como en su especialización), la sustitución y evolución de las fuentes de fuerza motriz (adecuadas, con la máquina de vapor, a las necesidades productivas del capital), así como la manera en que tales mejoras *materiales* entran en conflicto con el obrero (exigiéndole un mayor desgaste físico e intelectual, degradando su moral y pervirtiendo sus relaciones familiares, deteriorando su salud e incluso *asesinándolo, ibid.*, p. 526). De modo que, la *forma material* (en el lenguaje de Marx) que adquiere la tecnología bajo el capital *no es neutra* con respecto a la lucha que se da entre el obrero y esas relaciones de producción. No basta, pues, que esos medios de producción sean empleados en otras circunstancias sociales, en las que la clase obrera tenga el control de los medios del pasado. El objeto ha sido diseñado y seleccionado de acuerdo a los valores e intereses históricos (no sólo individuales) de dos clases sociales en conflicto.

Marx no saca la conclusión de que haya que rechazar la tecnología “como un todo”. En la historia de la relación entre la máquina y los obreros, la resistencia de éstos también ha quedado materializada; por ejemplo, en los dispositivos de seguridad que se han incorporado a las máquinas (como aquellos que permiten detener la producción en caso de accidente) o en la regulación (disminución) de la velocidad a la que opera una hiladora textil. Esos aditamentos tecnológicos los ha ido ganando la clase obrera en diferentes momentos y mediante una serie de luchas a las que Marx se refiere (en este caso, a lo largo del proceso de industrialización en Inglaterra). En un estudio de caso relativamente reciente, el de la automatización de la producción en la industria automotriz, el historiador David Noble adopta este mismo enfoque y logra mostrar la adecuación y rediseño de las características de estos procesos de producción a partir de lo que básicamente es un conflicto de clases (Noble 1986).

Ambos aspectos del análisis marxista (la afirmación de que los valores e intereses que se plasman en la tecnología responden a una racionalidad que trasciende a los individuos, y el reconocimiento de su ambigüedad política, como reproductora y como liberadora de las relaciones sociales) fueron retomados por autores como Marcuse y Foucault un siglo después, al reflexionar sobre el carácter y la dinámica de la tecnología en la sociedad contemporánea. Esto ha permitido incorporar no sólo el nuevo lenguaje de las ciencias sociales, sino los avances de éstas en el último siglo y medio.

Uno de los aspectos en los que más claramente ha avanzado la ciencia social en las últimas décadas es el reconocimiento de que las formas de poder se extienden más allá de la esfera de la producción (como enfatizaba Marx) o del ejercicio directo de la autoridad del estado. El poder alcanza instituciones, grupos, luchas políticas e incluso el cuerpo y la psique de los individuos en ejes que no son exclusivamente los de la distinción en clases sociales. El feminismo, las luchas por los derechos civiles y el ecologismo han tenido mucho que decir y proponer en la segunda mitad del siglo xx acerca de los valores que encarna la tecnología dominante y la manera en que ésta ejerce su dominio sobre grupos específicos de la población. Daremos ejemplos concretos de esto en relación con la crítica desarrollada por las feministas en contra de las técnicas de reproducción asistida en el siguiente capítulo. Estos y otros movimientos políticos (como las protestas estudiantiles de finales de la década de 1960 y la protesta contra la guerra de Vietnam) constituyen el contexto en el que han surgido visiones alternativas a la concepción tradicional o hegemónica de la tecnología.

En este contexto Marcuse y Foucault desarrollaron “teorías sistémicas” de la sociedad capitalista, que podemos relacionar con el llamado pensamiento post-estructuralista. En este caso “los capitalistas y los obreros no son las unidades primarias de explicación de la teoría, sino que son, más bien, los *portadores* de los procedimientos que subyacen al sistema” (Feenberg 1991, pp. 69-70). Si bien esta es una idea que también puede rastrearse a la obra de Marx, en la que el capital es caracterizado como un *autómata* cuyas partes son los seres humanos, el énfasis está puesto en lo que Foucault llama “maquinaria de poder”, esto es, “un orden de ideas y prácticas que crea una red de restricciones y oportunidades dentro de la cual los individuos y los sujetos colectivos emergen como actores” (*ibid.*, p. 70).

Este enfoque supone una relación particular entre el individuo y la sociedad. Foucault es reconocido por sus trabajos sobre la “normalización”, en la cual un conjunto de *microtécnicas* (que van desde desarrollos contables y administrativos, hasta procedimientos y estructuras en hospitales y prisiones) fueron desarrollados *históricamente*<sup>6</sup> a

---

<sup>6</sup> Debemos enfatizar el carácter histórico de las reconstrucciones de Foucault, quien siempre argumentó que en cada caso, en cada institución y localidad, debía hacerse la historia de



partir del siglo XIX, de manera que en la sociedad contemporánea el poder actúa de forma sistemática, disciplinando de manera individualizada a los sujetos. El poder del que habla Foucault, sin embargo, no tiene un carácter solamente represivo, es más bien una fuerza constitutiva de los individuos. En ese sentido, las microtécnicas que se han desarrollado en la sociedad contemporánea no necesariamente son “técnicas de dominación”, y pueden condensar valores distintos en la constitución de un individuo.

Hoy en día es innegable la influencia de Foucault en diferentes tipos de aproximación a la historia de la ciencia, pero curiosamente sus ideas han sido poco utilizadas en el estudio de la tecnología. Para nuestro argumento resulta importante resaltar su idea de que los valores e intereses de un régimen se reproducen mediante instituciones, técnicas y artefactos que constituyen y disciplinan a los individuos. Esta idea debe ser incorporada en una visión del cambio tecnológico que permita dar cuenta tanto del papel determinante del cambio tecnológico en nuestras vidas, como de las posibles estrategias que permitan una orientación democrática del mismo.

El pensamiento de Marcuse resulta igualmente fructífero en su crítica al instrumentalismo tecnológico. En *El hombre uni-dimensional* (1964) Marcuse reconoce que en las sociedades industrialmente avanzadas el capitalismo ha logrado con efectividad incorporar a la clase trabajadora, proporcionándole el bienestar material que prometía en el siglo XIX. Pero, a diferencia de lo que creía Marx, esto no ha modificado la situación de alienación ni provocado ninguna revolución social. Como Foucault, Marcuse sostiene una idea sistémica de la sociedad: los individuos se “integran” a la sociedad mediante un proceso de “desublimación represiva” que, básicamente, él explica mediante el dominio de la *racionalidad tecnológica*. Si bien en ocasiones parece denunciar a ésta como una mera ideología, también es cierto que Marcuse reconoce sus potencialidades, y señala:

Si completar el proyecto tecnológico involucra una ruptura con la prevaleciente racionalidad tecnológica, la ruptura entonces depende de la continua existencia de la base tecnológica misma. Porque es esta base la que ha hecho posible la satisfacción de necesidades y la reducción del conflicto —que permanece como la base de todas las formas de libertad humana. El cambio cualitativo reside más bien en la reconstrucción de esta base —esto es, en su desarrollo con vistas a fines distintos... Los nuevos fines, como fines técnicos, entonces operarían en el proyecto y en la construcción de la maquinaria, y no sólo en su utilización (1964, pp. 231-232).

---

tales microtécnicas, las cuales incorporan prácticas, materiales y valores locales. En cierto sentido, el propio Foucault negaba un poder “generalizador” o totalitario a su sistema, y sostuvo —la mayor parte de su vida— que las diversas formas de *resistencia* sí podían implementarse frente a esos poderes locales.

Marcuse, como Foucault, carece de una propuesta concreta acerca de cómo “reconstruir la base tecnológica” sin negar “la base tecnológica misma” y caer en la “irracionalidad”. Es claro, sin embargo, que ambos autores formulan importantes críticas a la posición instrumentalista. Por un lado, superan la ingenuidad de las explicaciones sociales en las que los intereses y valores de los agentes se manifiestan abiertamente y sin conexión con otras importantes dimensiones sociales. Por otro lado, intentan dar cuenta de la otra cara de la moneda: el hecho de que los agentes son constituidos también por los medios, es decir, por la tecnología. Desde nuestro punto de vista, las implicaciones de ambos aspectos no han sido tomados en cuenta con suficiente seriedad por la mayoría de los autores posteriores que han reflexionado en torno a la tecnología (ver segunda parte del libro).

Ahora bien, una crítica oportuna que se puede enderezar contra las teorías de Marcuse y de Foucault la ha formulado Andrew Feenberg, uno de los más importantes representantes contemporáneos de esta tradición. Feenberg apunta a su carencia de una teoría suficientemente *detallada* de la tecnología, lo cual les impide construir propuestas concretas acerca de cómo conectar el cambio social con el cambio tecnológico. Al mismo tiempo, se ha criticado —en especial a Marcuse y a la llamada Escuela de Frankfurt— su visión pasiva de los consumidores. De acuerdo a esta concepción, las necesidades de los consumidores son dictadas, manipuladas y por completo controladas por el mercado y los productores, lo cual ha provocado el “aumento en el control ideológico y la manipulación de las industrias culturales” (Oudshoorn y Pinch 2003, p. 13). Los estudios sobre la tecnología que se han desarrollado a partir de 1980, sin embargo, han aportado suficientes elementos empíricos como para desarrollar una visión más detallada de la estructura de la tecnología (ver Feenberg 1999, por ejemplo) y del extraordinariamente diverso papel de los usuarios —y no sólo de los diseñadores y productores— en su conformación (por ejemplo, Oudshoorn y Pinch 2003).

### 3.4 LA AMBIGÜEDAD TECNOLÓGICA EN LA OBRA DE ANDREW FEENBERG

Pese a que la crítica al instrumentalismo tecnológico tiene ya una venerable historia y, como hemos señalado, recibe un gran impulso en la década de 1970 tras la revolución cultural de 1968, gran parte del debate contemporáneo alrededor del impacto de la tecnología en la sociedad sigue asumiendo que ésta es independiente de los valores e intereses que guían su desarrollo, y que prácticamente poco o nada puede hacerse para modificar su “racionalidad”. La discusión actual muchas veces pareciera girar en torno a una disyuntiva que asume de distintos modos la idea de la autonomía de la tecnología: ¿deben los seres humanos someterse a la “lógica de la maquinaria” y la “racionalidad

tecnológica” en aras del progreso (o desarrollo) material, o debemos más bien simplificar nuestros estilos de vida, buscando un futuro “sostenible”?

La respuesta de Andrew Feenberg (1991) es que “la degradación del trabajo, la educación y el ambiente no tiene sus raíces en la tecnología *per se*, sino en los valores antidemocráticos que gobiernan el desarrollo tecnológico”. En ese sentido “sólo una profunda transformación democrática de la civilización industrial puede resolver estos problemas” (1991, p. 3). La conexión entre desarrollo tecnológico y democracia es uno de los ejes centrales del desarrollo de los estudios sobre la ciencia y la tecnología *en* la sociedad (volveremos a ello sobre todo en la tercera parte de este libro), y en esta sección exploraremos las ideas de Feenberg al respecto con la finalidad de presentar algunos de los problemas relacionados con este tema.

De acuerdo con Feenberg (1991, 2002), tanto la teoría instrumental como la teoría sustantiva (o determinista, que revisaremos en el siguiente capítulo) comparten “una actitud de tómallo o déjalo” hacia la tecnología:

Por un lado, si la tecnología es un mero instrumento, indiferente a los valores, entonces su diseño no es un asunto del debate político, solamente lo son el rango y la eficiencia de su aplicación. Por el otro lado, si la tecnología es el vehículo de una cultura de la dominación, entonces estamos condenados ya sea a promover su avance hacia la distopía o a regresar a una forma de vida más primitiva. En ningún caso podemos cambiarla: en ambos casos *tecnología es destino*. (Feenberg 2002, p. 8)

Esta es la razón por la que la mayoría de las propuestas de reforma tecnológica buscan solamente ponerle un “límite”, no transformarla. Podemos reducir el daño ambiental si adoptamos un sistema más sencillo de vida, sin carros ni energía nuclear. Nos preocupamos, también, porque vemos que las nuevas técnicas de reproducción asistida “invaden” y modifican dimensiones que deberíamos dejar a “la naturaleza”. Tales críticas parecen conducirnos a una disyuntiva tecnológica que generalmente se expresa como “progreso o sustentabilidad” pero que, según Feenberg, se limita exclusivamente a intentar (sin mucho éxito) poner límites morales o políticos al cambio tecnológico. La alternativa, según este autor, consiste en reconocer la tesis de la *ambigüedad* de la tecnología, esto es, la idea de que si bien la tecnología encarna valores e intereses dominantes, no puede ser entendida monóticamente como mera ideología o como una mera estructura de poder encarnada en máquinas y formas de racionalidad. Con ese fin (y con el de superar las limitaciones de sus predecesores) desarrolla una teoría detallada de la estructura de la tecnología, que según él hace posible “desmenuzar” aquellos momentos o estructuras en las que determinados valores e intereses entran en el diseño de un artefacto. Veamos.

Feenberg comienza por reconocer el papel que tiene la *racionalidad* en la sociedad contemporánea y específicamente en las “hegemonías modernas”. Una hegemonía efectiva es aquella que se impone sin luchas constantes, reproducida sin reflexión en numerosas prácticas y creencias comunes. Este papel era cumplido con anterioridad por la religión y las tradiciones, pero hoy en día es ejercido por ciertas formas de racionalidad. Este es el sentido en el cual “el conocimiento puede convertirse en una forma de poder, no meramente en un instrumento de aquellos que están en el poder, y *sin perder su carácter de conocimiento*” (1991, p. 75). Este cambio se origina en estructuras que son características de la sociedad capitalista industrial, y básicamente en lo que Feenberg llama la “autonomía operacional” del capitalista. Con este término Feenberg describe la forma en que los mercados y la estructura de la fuerza laboral (en forma análoga a los asilos y hospitales estudiados por Foucault) han “liberado” al capitalismo de las reglas y ataduras del pasado, por ejemplo, de las normas y leyes acerca del trabajo artesanal, y de las responsabilidades tradicionales del patrón y el trabajador. La “autonomía operacional” no es tanto una propiedad de los individuos sino de organizaciones que mobilizan conjuntos de microtécnicas.

La autonomía operacional es el poder para efectuar decisiones estratégicas entre racionalidades alternativas, sin tener que apelar a cuestiones “externas”, prácticas tradicionales, preferencias, o el impacto que tendrán tales decisiones, por ejemplo, en las familias. Cualesquiera que sean los objetivos particulares de un capitalista, el “meta-objetivo” es preservar y desarrollar dicha autonomía (es decir, seguir siendo capaz de tomar “las decisiones estratégicas”). De acuerdo con Feenberg lo que caracteriza al capitalismo es que su hegemonía se basa en la reproducción de su autonomía operacional mediante decisiones *técnicas*. Tales requerimientos técnicos y sociales se condensan en lo que él también llama “racionalidad tecnológica” o, mejor aún, el *código técnico* del capitalismo, una de sus ideas más interesantes. Dicho código es una regla que “simultáneamente 1) clasifica a las actividades como permitidas o prohibidas y 2) las asocia con ciertos significados o propósitos” (*ibid.*, p. 76). El código técnico tiene un significado “ontológico” (es decir social) en una sociedad en donde la dominación se basa en la tecnología. No es solamente la regla bajo la cual se eligen los medios. Es mucho más que eso, “es el principio de organización, identidad y sobrevivencia” (p. 77). Para existir, las organizaciones deben codificar su base técnica, “no solamente asociando a la tecnología con ciertos significantes, sino instalando esos significantes en su misma estructura” (p. 77).

¿Cómo puede llevarse esto a cabo? Dice Feenberg:

Todo el que haya desarrollado tecnologías modernas o que estudie su historia sabe que éstas se construyen a partir de concatenaciones de partes más o menos conectadas. Las partes mismas surgen de descubrimientos tan básicos que,

aunque puedan haber servido para uno u otro propósito específico, pueden ser usadas con propósitos muy diferentes en una gran variedad de contextos. Es decir, podemos distinguir entre los principios embebidos en las tecnologías y la forma de su realización concreta en este o en aquel aparato. (...) Reservaré el nombre de “elemento técnico” para los principios específicos, tales como el resorte, la palanca o el circuito eléctrico. Estos son, en sí mismos, “relativamente” neutros, si no con respecto a todos los fines sociales, al menos con respecto a los grupos sociales dominantes y subordinados. (*ibid.*, pp. 77-78)

Las tecnologías individuales se construyen, según Feenberg, a partir de esos “elementos técnicos” descontextualizados, combinados en configuraciones particulares para dar lugar a artefactos específicos. “El proceso de invención no es puramente técnico: los elementos técnicos abstractos deben entrar en un contexto de restricciones sociales. Las (tecnologías) cumplen criterios sociales en la selección misma y el arreglo de los elementos de los cuales están constituidas” (*ibid.*, p. 78). Estos propósitos sociales están embebidos en la tecnología y no son meros fines extrínsecos a cuyo servicio puede ponerse una herramienta neutral. El *código técnico* del capitalismo puede definirse, entonces, como la regla general que relaciona la configuración técnica (es decir, sus elementos) y la configuración social (la red de alianzas e intereses sociales).

El ejemplo más obvio es la línea de ensamblaje o producción: una estrategia que tecnológicamente refuerza el trabajo disciplinado constituye la “goma” que mantiene unidos los elementos de la cual es compuesta. Este efecto asimétrico en el poder de los involucrados es característico de la tecnología codificada estratégicamente, dice Feenberg. El ejemplo ilustra asimismo la relatividad del proceso de racionalización: solamente en una sociedad que extiende el tipo de racionalidad característica del capitalismo la línea de ensamblaje puede ser vista como un progreso tecnológico. “El carácter social de la tecnología no reside en la lógica de su funcionamiento interno, sino en la relación de esa lógica con el contexto social” (*ibid.*, p. 79).

Otro ejemplo elaborado por Feenberg, quizás más interesante por sus ramificaciones actuales, es el del desarrollo de las computadoras. Las computadoras pueden ser utilizadas con diferentes propósitos, algunos que podríamos llamar optimistas y democráticos (eliminación de trabajo tedioso, potenciación de la comunicación y de la inteligencia colectiva, etc.), y otros que podemos calificar de dominación y pesimistas (aumento del desempleo, mayor control y vigilancia de los ciudadanos, etc.). Feenberg documenta cómo es que esta *ambivalencia* de la computadora significa que éstas “pueden evolucionar con muy diferentes direcciones bajo la influencia de diferentes estrategias de desarrollo” (2002, p. 91). Ello conlleva, claramente, una crítica a la idea de la autonomía de la tecnología:

La computadora, a diferencia de otras máquinas, es un autómeta que lleva a cabo un plan instalado en su núcleo, no sólo responde a controles externos. Esto explica la connotación autoritaria de la metáfora de la “programación” de la gente y los sistemas sociales. (*ibid.*, p. 91)

La computadora representa, pues, en una forma curiosamente paralela, las relaciones jerárquicas en el trabajo. Feenberg caracteriza al principio que guía el desarrollo de esta tecnología en esa dirección, el “principio de conservación de la jerarquía”. La computadora, por otra parte, es útil para la comunicación (como lo ejemplifica el uso de Internet) y en ese sentido puede ser puesta al servicio de diversas formas de socialización (no necesariamente promotoras de la democracia). El principio que guía este tipo de desarrollos puede llamarse “de racionalización democrática”. Aquí no vamos a entrar en los detalles técnicos y en las discusiones teóricas (y políticas) que se han dado en el campo de la cibernética y de la inteligencia artificial en torno a estos dos tipos básicos de proyectos o estrategias de desarrollo. Diferentes grupos de científicos han reconocido la posibilidad de estos desarrollos alternativos. Nuestro interés es enfatizar que diferentes aditamentos y estructuras, así como programas (*software*), pueden determinar el que una computadora proporcione flexibilidad –y en ese sentido incentive la adquisición de capacidades y habilidades– y comunicabilidad a los usuarios, o reproduzca “el control administrativo” (*managerial control*).

Una ambivalencia semejante caracteriza, como veremos, el desarrollo de las técnicas de reproducción asistida. Por un lado, la descomposición del proceso reproductivo ha permitido manipular y controlar la reproducción humana en formas que reproducen las relaciones de género patriarcales, pero también relaciones de dominación de clase (las mujeres pobres siendo claramente el sector más afectado en diferentes sentidos por los efectos negativos de estos procedimientos). Por otro, diferentes movimientos críticos, como el feminismo y sobre todo el movimiento homosexual, han permitido la incorporación de valores distintos y han reorientado, en casos específicos, no sólo el uso sino las características de algunas de estas tecnologías, promoviendo –por ejemplo– la investigación en torno a las posibilidades de fertilización de dos personas del mismo sexo.

Así pues, la crítica al instrumentalismo resultará útil tanto al revisar a las teorías alternativas que se desarrollaron en las humanidades y las ciencias sociales a partir de la década de 1980 y que hoy en día dominan el campo de los estudios sobre la tecnología, como en la tercera parte del libro, al abordar el problema de la relación entre cambio tecnológico y democracia.

## 4.0 INTRODUCCIÓN

El *determinismo tecnológico* ha sido una de las respuestas predilectas a la cuestión de cómo se relaciona el desarrollo de la tecnología con las transformaciones que ocurren en otros ámbitos de la sociedad: la economía, las relaciones sociales o el sistema de valores de una época y lugar. Autores muy diversos, que van desde Carl Marx hasta Francis Fukuyama, pasando por Lewis Mumford, Jackes Ellul y Martin Heidegger, se han apegado implícita o explícitamente a esta visión.<sup>1</sup> Hoy en día pareciera ser un tema pasado de moda, sin vigencia, como no parece tenerla ningún tipo de determinismo, ni en las ciencias sociales ni en la filosofía. Pero esta no es nuestra postura. El fantasma del determinismo tecnológico se manifiesta en la forma en que muchos críticos y analistas, así como agencias de desarrollo nacionales e internacionales, entienden el impacto de la tecnología en la vida social. Junto con la perspectiva *instrumentalista*, que revisamos

---

<sup>1</sup> Como señala Rosalind Williams (2003), la figura de Marx ronda constantemente en torno al tema del determinismo tecnológico. La cuestión ha vuelto a adquirir actualidad en el marco de los estudios sociales de la ciencia y la tecnología (ver la segunda parte de este libro), el estudio de los procesos laborales (por ejemplo, Noble 1986), y en la vertiente –que revisamos en el capítulo 3– catalogada como los “estudios críticos”. La discusión ha girado en torno a la cuestión de si las fuerzas productivas *determinan* (y cómo) a las relaciones de producción. Donald Mac Kenzie (1984, p. 479) ha afirmado oportunamente que en esa expresión se toca el núcleo conceptual de la ciencia social, pues el tema de fondo es el modo de explicación y los factores que afectan al cambio social, tema que nos interesa aquí. Si bien existe hoy en día relativo consenso en que el concepto de fuerzas productivas no se reduce al de tecnología en la obra marxiana, subsiste la discusión acerca de la manera en que Marx entiende la relación entre éstas y las relaciones sociales. La mayoría de los autores han dejado sin explorar, sin embargo, el único estudio de caso histórico que Marx desarrolló con cierto detalle en su obra, en relación con el cambio tecnológico (el caso del desarrollo de la maquinaria y la gran industria en el capítulo XIII del volumen I de *El Capital*).

en el capítulo anterior, constituye una de las concepciones de la tecnología con mayores consecuencias prácticas.

Existen muchas maneras de caracterizar el determinismo tecnológico y también respuestas alternativas que buscan dar cuenta de la relación tecnología-sociedad. Claramente no se trata de un tema resuelto y la dificultad de dar una salida satisfactoria radica, en buena parte, en el hecho de que el problema apunta a la cuestión de qué factores, o incluso *causas*, pueden explicar el cambio social. En todo caso, no pretendemos dar una solución definitiva ni a la discusión en torno al determinismo ni a la discusión más general de la naturaleza del cambio social. Nuestra intención es examinar diferentes versiones de la idea de determinismo tecnológico, así como establecer conexiones entre algunas de esas ideas y debates que hoy en día requieren nuestra atención. Junto con el análisis que realizamos sobre el instrumentalismo, esto nos permitirá comprender la manera en que tradicionalmente se ha entendido la conexión (o para el caso, la supuesta autonomía) de la tecnología y la vida social. Para ello, echaremos mano de alguna literatura reciente, ejemplificando con posturas muy difundidas acerca de las consecuencias sociales de la biotecnología. Finalizaremos la primera sección del libro refiriéndonos a la relación entre el desarrollo de las Tecnologías de Reproducción Asistida (TRA) y el cambio en las ideas y la estructura de la familia. En la segunda y tercera partes del libro volveremos repetidamente al tema del determinismo tecnológico, revisando las propuestas alternativas y presentando nuestra propia respuesta.

#### 4.1 LA VISIÓN DETERMINISTA DE LA TECNOLOGÍA

En la Introducción a una selección de artículos sobre el tema del determinismo tecnológico Merrit R. Smith y Leo Marx sostienen:

(L)a mayoría de la gente en las sociedades modernas se ha habituado al poder aparente que tiene el avance de la tecnología (y sus productos) para cambiar sus formas de vida. La memoria colectiva de la cultura occidental se encuentra bien cargada con alusiones a este tema. Encarnado en una serie de episodios ejemplares o mini-fábulas con una estructura narrativa simple, pero altamente plausible, del antes y el después. (1996, pp. ix-x)

Un ejemplo de ese tipo de historias es la que narra que los descubrimientos y desarrollos en diversos instrumentos de navegación del siglo xv hicieron posible que Cristóbal Colón y otros exploradores cruzaran el Atlántico, tras lo cual siguió la rápida colonización del Nuevo Mundo. Los instrumentos de navegación se transforman en la precondición o “causa” de la colonización europea de buena parte del mundo. El desarrollo



tecnológico es el “motor” del desarrollo social, de acuerdo a esta idea muy extendida, que constituye una de las versiones más importantes del determinismo tecnológico.

Vistas con detenimiento, este tipo de historias tiene que confrontar preguntas tan obvias como en *qué sentido podemos afirmar que el desarrollo tecnológico es “causa” (o no lo es) del cambio social*. El problema es que, entre muchas otras cosas, una respuesta adecuada requiere una dosis mínima de claridad respecto a qué entendemos por “causas” en el contexto de los cambios sociales. Como mencionamos, esta es una de las cuestiones más problemáticas en las ciencias sociales. Sin embargo, un análisis de cómo ha sido abordado el tema recientemente por sociólogos y filósofos de la tecnología puede ayudarnos a desenmascarar varias ideas que usualmente subyacen, en esta concepción, acerca de la naturaleza de las explicaciones, tanto en las ciencias naturales como en las sociales. Por otra parte, el cuestionamiento de esos supuestos nos conduce a conclusiones interesantes acerca de la tecnología y el cambio tecnológico.

Para comenzar a situarnos vale la pena recordar los orígenes del determinismo. Una de las características sobresalientes de la modernidad es el abandono, a partir del siglo XVII, de la idea de que el hombre es el centro del universo. Un paso importante en esa dirección fue la formulación de una concepción de las explicaciones científicas basada en la idea de *ley de la naturaleza*, que permitía dar cuenta de los fenómenos físicos independientemente del lugar de los seres humanos en el cosmos. Este alejamiento del antropocentrismo, sin embargo, inicialmente se entendió a imagen y semejanza del determinismo físico, que se consideraba una consecuencia necesaria de esas leyes naturales.

La tesis determinista fue famosamente formulada por Laplace a finales del siglo XVIII; según ésta, el conocimiento del estado físico de un sistema en un momento dado nos permite conocer su pasado y su futuro. Ésta es una tesis determinista radical, que asume que el mundo humano es simplemente una sombra del mundo físico. Frente a esta postura hubo quienes, como Kant, defendieron la idea de que si bien el mundo físico está sujeto a leyes deterministas, el humano no lo está. El mundo humano se encontraba sujeto a leyes propias, no naturales, muy diferentes de las leyes de la física (ver, por ejemplo, Martínez 1998).

La nueva dicotomía se manifestó también en la manera como se entendió a la ciencia y la tecnología. Según esta concepción, la ciencia (como hemos visto en los capítulos anteriores) tiene una dinámica propia, autónoma, regida por el descubrimiento de las leyes objetivas de la naturaleza. La manera como la ciencia genera conocimiento, por tanto, no se presta a un estudio por parte de las ciencias sociales. Éstas pueden estudiar la estructura de las instituciones científicas y las maneras en las que localmente se organiza la ciencia. Pero la forma en que las teorías se aceptan como correctas o la forma en que se han desarrollado las diversas prácticas y normas que constituyen a la

ciencia, son temas que están más allá de las ciencias sociales. Criterios lógicos o meta-históricos, que tienen que ver con la develación del orden objetivo del mundo, dan cuenta de estos aspectos. En la medida en que la tecnología se entiende como ciencia aplicada (y, por tanto, regida por normas, valores e intereses ajenos a la “sociedad”), la cuestión de su diseminación puede ser un tema de las ciencias sociales, pero la tecnología *en sí* tampoco se ve como un tema de estudio que plantee problemas propios a las ciencias sociales.

El desarrollo de los estudios de la ciencia y la tecnología a partir de 1970 muchas veces operó en contracorriente a la concepción determinista. Esos estudios han permitido difundir la conclusión de que las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad son bastante más complejas que la versión determinista. Sin embargo, la idea de que la ciencia y la tecnología tienen una dinámica propia sigue siendo importante, no sólo entre la mayoría de los divulgadores del avance científico-tecnológico, sino entre los economistas, las agencias nacionales e internacionales de desarrollo, los gobiernos y sus asesores y, paradójicamente, muchos de sus críticos más feroces. Veamos un par de ejemplos que son ilustrativos debido a la influencia de sus autores en los ámbitos políticos y de los medios de comunicación.

En su libro *El fin de la historia* (1992), el conocido analista Francis Fukuyama defendió la tesis hegeliana de que la historia había concluido en 1806, ya que desde ese año no había habido –en esencia– ningún avance político real que superara los principios de la Revolución Francesa. El colapso del comunismo en 1989 fue interpretado por Fukuyama como una expresión tardía del mismo fenómeno: señalaba la convergencia hacia la democracia liberal de todo el planeta. Nótese que para Fukuyama la historia constituye un proceso dirigido a un fin, en este caso un tipo de organización social y política. En tanto la humanidad se acerca a dicho fin, la historia *concluye*. Sin embargo, en el prólogo a uno de sus libros más recientes, *Our Posthuman Future* (2002), Fukuyama reconoce que hay un solo tipo de crítica a su argumento de 1992 que él no ha podido refutar: la ciencia y la tecnología no se detienen y constituyen un motor de la historia. La historia, pues, no ha finalizado:

Tal y como describí el mecanismo de una historial universal progresiva en mi libro *El fin de la historia y el último hombre*, el desarrollo de la ciencia natural moderna y de la tecnología, a la que esta da origen, surge como uno de sus motores principales. Mucho de la tecnología de finales del siglo xx, como la llamada Revolución Informática, ha sido crucial en la diseminación de la democracia liberal. Pero no nos encontramos cerca del fin de la ciencia, y de hecho parece que nos encontramos en medio de un monumental periodo de avance en las ciencias de la vida. (2002, p. xii)

Ciertamente, este es un fuerte argumento en contra de la tesis del fin de la historia, pero lo interesante es que la idea del determinismo tecnológico es parte central de la tesis de Fukuyama. La ciencia y la tecnología son causas preeminentes, *motores principales*, dice, del desarrollo social, y en la medida que la ciencia y la tecnología siguen desarrollándose, el progreso de la sociedad continúa. El hecho de que Fukuyama reconozca un objetivo definido y constante (la democracia liberal) es una de las ideas usualmente asociadas con el determinismo tecnológico, ya que no tendría mucho sentido hablar de un determinismo que en ciertas épocas y lugares hace que el desarrollo científico-tecnológico conduzca a la sociedad hacia un tipo de organización, y en otras épocas y lugares la conduzca en otra dirección. Siguiendo este argumento, en su libro de 2002 Fukuyama se dedica a explorar las consecuencias concretas que tendrá para la estructura social (por ejemplo, para la estructura demográfica y el mercado laboral) el desarrollo de distintas biotecnologías. Fukuyama asocia estos cambios sociales con cambios en el sistema de valores, que pueden llegar a afectar lo que él caracteriza (en un ánimo que llama “aristotélico”), como la *naturaleza humana*, básicamente el conjunto de “características humanas esenciales”.<sup>2</sup>

Fukuyama caracteriza de manera amplia a la *biotecnología*, con el objetivo de dar cuenta de cambios sociales (que pueden llegar a afectar la *dignidad humana*) en el corto plazo, con las tecnologías hoy en día existentes. Respecto a la neurofarmacología, por ejemplo, Fukuyama alerta sobre el peligro de adoptar una actitud permisiva ante el consumo de drogas. Sustancias similares al *Ecstasy* (metilendioxidometanfetamina), el cual tiene composición y efectos similares a los del Prozac, pero con efectos secundarios peligrosos que pueden desarrollarse en el corto plazo. Dice Fukuyama:

No tenemos que esperar la llegada de la ingeniería genética para vislumbrar una época en la que seremos capaces de aumentar la inteligencia, la memoria, la sensibilidad emocional y la sexualidad, así como reducir la agresividad y manipular el comportamiento en una variedad de formas. (2002, p. 56)

Este sería un ejemplo de ingeniería social que no tiene por qué ser ejercida por el Estado, sino que es decidida por los individuos (por ejemplo, por los padres de un niño que se diagnostica como hiperactivo, al cual se le receta Ritalina). La consecuencia será una

---

<sup>2</sup> La postura esencialista de Fukuyama se basa en la idea de que los seres humanos comparten un conjunto de características genéticas básicas, lo cual es sumamente cuestionable a la luz de los resultados de la investigación en biología evolutiva y en biología en general, como él mismo reconoce. No casualmente en este debate extensamente con David Hull, filósofo de la biología, reconocido por su caracterización histórica de las especies (ver Hull 1988).

drástica transformación del comportamiento humano de acuerdo a ciertos criterios, pronostica el autor. Pero es al referirse a los efectos sociales (demográficos) y políticos que tendrán tanto la ingeniería genética como el conjunto de metodologías médicas de “prolongación de la vida”, donde la postura determinista del análisis de Fukuyama es más evidente.

Por ejemplo, Fukuyama sostiene que el aumento en la expectativa de vida debido a los avances de la medicina durante el siglo xx ha provocado que esta cifra pasara de los 48.3 años para los adultos varones y 46.3 para las mujeres en 1900 en Estados Unidos, a los 74.2 para los hombres y 79.9 para las mujeres en el 2000. Basado “en los actuales patrones de nacimiento y mortalidad, el mundo se verá sustancialmente diferente al mundo actual en 2050, incluso en el caso de que la medicina no logre aumentar las expectativas de vida un solo año durante este periodo”, posibilidad que Fukuyama reconoce como remota dadas las actuales tendencias de la biomedicina (2002, p. 57), incluida –entre otras– el desarrollo de la investigación en células troncales. De cualquier modo, algunas de las consecuencias políticas que Fukuyama prevé, a partir de las transformaciones demográficas que tendrán lugar, son las siguientes. En 2050, por ejemplo, la media de edad en Japón será de 56 años, en Alemania de 54 y en Italia de 58. El envejecimiento de estas poblaciones de hecho ya ha desatado una serie de debates en torno a sus efectos en los sistemas de seguridad social, pero habrá implicaciones políticas también. Piénsese, por ejemplo, en el contraste entre este escenario y las tasas de nacimiento que, si bien han comenzado a ser controladas, son aún mayores en los países pobres. Esto significa que la línea divisoria entre países ricos y pobres será también una línea de diferencias en edades. Mientras que Estados Unidos, Europa y Japón tendrán poblaciones cercanas en promedio a los 60 años, algunos países de Latinoamérica, África y Asia tendrán poblaciones rondando los 20. A esto se debe sumar que en el mundo desarrollado las mujeres (que tienen mayor expectativa de vida) tenderán a ser un bloque de votantes cada vez más importante, mientras que el mundo “en vías de desarrollo” estará superpoblado de jóvenes (hombres y mujeres). Pero mientras las mujeres son menos propensas a usar la fuerza en situaciones de defensa, Fukuyama trae a colación las estadísticas que afirman que la mayoría de los crímenes son cometidos por hombres jóvenes entre los 15 y los 35 años de edad. “El mundo estará dividido, entonces, en un Norte cuyo tono político será establecido por mujeres viejas, y un Sur dirigido por lo que Thomas Friedman cataloga como hombres jóvenes, enojados, con demasiado poder” (Fukuyama 2002, p. 63).

Los escenarios políticos, sociales y de valores que Fukuyama imagina en otras partes de su libro tienen el mismo tono. La solución general que él propone es una intervención cada vez más decidida del Estado en la regulación de la biotecnología, dado que esta parece conducirnos inexorablemente a tales escenarios. Gracias a la in-

tervención del Estado, dice Fukuyama, podrán separarse los usos “deseables” de los “indeseables” de una tecnología. La línea de separación entre ambos tipos de usos se basa en lo que él llama “naturaleza humana”. Todo aquello que afecte negativamente a la naturaleza y a la dignidad humana debe ser regulado. Más allá de que su caracterización de la naturaleza humana es sumamente dudosa (véase nota 2), destaca, junto con su visión de la inevitabilidad de estos cambios (es decir, su carácter determinista), su creencia de que la tecnología es un *instrumento* que puede ser utilizado *para bien o para mal* una vez reguladas sus aplicaciones.

La popularidad de la visión determinista se manifiesta en los frecuentes intentos por predecir las implicaciones de determinadas tecnologías en la sociedad del futuro. Nuestro segundo ejemplo se refiere al popular economista y crítico Jeremy Rifkin, quien en uno de sus libros más leídos, *The End of Work* (1996), describe el panorama que cabe esperar en el mercado laboral en las próximas décadas. En su visión, conforme las tecnologías informáticas y las comunicaciones se desarrollen el desempleo se incrementará a nivel mundial. Según Rifkin, se eliminarán decenas de millones de trabajos en el sector manufacturero, la agricultura y el sector de servicios, lo cual tendrá un efecto devastador en los obreros, los empleados de comercios y, en particular, la población afroamericana en Estados Unidos. Esto, a su vez, llevará al desarrollo de un “tercer sector” constituido por los servicios y organizaciones comunitarias que crearán empleos con ayuda del gobierno para reconstruir los servicios sociales y los abatidos barrios urbanos, lo cual será posible gracias a una (necesaria) recomposición del sistema de impuestos. Rifkin supone, pues, que las tecnologías de la información tienen tal fuerza y tal influencia sobre la organización del trabajo, que los fenómenos laborales que estamos presenciando a nivel global continuarán sus tendencias de manera inexorable, conduciéndonos hacia un nuevo tipo de sociedad.

Para llegar a esta conclusión Rifkin supone que las diferentes tecnologías se desarrollan de forma relativamente *autónoma* al desarrollo tanto de otras tecnologías como de otros factores que pueden afectar el desarrollo social. ¿Por qué piensa Rifkin que puede hacerla de adivino? Si algo nos enseña la historia es que las maneras en que las tecnologías se desarrollan e impactan a otras esferas de la organización social es un proceso muy complejo y prácticamente impredecible. A menos que partamos de los supuestos asociados con el determinismo tecnológico, la predicción de la manera en la que un grupo de desarrollos tecnológicos afectará esferas diversas tendría que tomarse con tanto o más cuidado que la predicción del clima. Más allá de un tiempo relativamente corto, nuestras predicciones específicas son poco confiables.

Podríamos citar una gran cantidad de libros de divulgación y futurología con visiones bastante más simplistas que las que sostienen este par de autores (un ejemplo es *Our Molecular Future* de Douglas Mulhall 2002). No está de más señalar que

dicha perspectiva no tiene nada que ver con las posturas políticas de sus defensores. Fukuyama es un prominente intelectual republicano, asesor de la actual Presidencia de Estados Unidos en cuestiones de bioética y política científica, mientras que Rifkin es un reconocido e influyente crítico progresista, cuyos puntos de vista son seriamente considerados por la Comunidad Europea. Lo crucial es reconocer que aquí hay algo importante que requiere ser explicado. Básicamente, lo que no podemos negar es la experiencia cotidiana, en las sociedades contemporáneas, de que el avance tecnológico tiene un efecto (material, social) en nuestras formas de vida. Es esta experiencia, de la cual intenta dar cuenta el determinismo tecnológico, la que tenemos que ser capaces de explicar mediante modelos o narrativas alternativas de la ciencia y la tecnología *en* la sociedad.

## 4.2 DETRÁS DEL DETERMINISMO TECNOLÓGICO

El determinismo tecnológico se refiere a varias ideas relacionadas que vale la pena distinguir. Por un lado, tiene que ver con la naturaleza del cambio tecnológico, esto es, la existencia o no de leyes de desarrollo propias de la tecnología, análogas a las leyes que parecen dirigir el desarrollo ontogenético de los organismos biológicos. En este caso, se trataría de leyes que se refieren al orden o cauce relativamente estable y bien definido en el que una tecnología se desarrolla solamente si de manera previa lo han hecho otras tantas. El determinismo tecnológico puede referirse también a la dependencia del desarrollo tecnológico respecto del desarrollo científico. Esto es, la idea de que si el desarrollo científico se encuentra en un estado  $x$ , entonces unas y otras tecnologías son posibles. Ambas ideas pueden mezclarse, y generalmente lo hacen. Pero vale la pena notar que hay una diferencia entre un determinismo tecnológico que se formula sólo en términos de desarrollo tecnológico, y otro que requiere del supuesto de que la tecnología depende de la ciencia.

Por otra parte, el determinismo tecnológico comprende la creencia de que la tecnología tiene un impacto determinante en el cambio que ocurre en otras esferas de la sociedad. Pero se habla de la tecnología no sólo como causa determinante del cambio en una dirección previsible (por ejemplo, sosteniendo que las nuevas biotecnologías modificarán la estructura demográfica del mundo en ésta y aquella dirección específica), sino también como fuerza *motora* de la historia, como vimos que hacen Fukuyama y Rifkin. De acuerdo a esta creencia, el cambio tecnológico tiene una dinámica o una inercia propia que tiene el efecto de modificar valores, tradiciones, instituciones y todo tipo de relaciones sociales. El impacto del cambio tecnológico, pues, opera en una dirección, de la tecnología a la *sociedad*. Esta segunda versión ha provocado las críticas más severas en el campo de los estudios sociales de la ciencia y la tecnología de las últimas décadas, ya que éstos cuestionan el supuesto —que se encuentra detrás de

dicha creencia— de que la ciencia y la tecnología sean algo distinto a “la sociedad”. Tales críticas las revisaremos en la segunda parte del libro.

Usualmente los dos sentidos de determinismo tecnológico van juntos. Si abandonamos el primer sentido, podemos todavía decir que la tecnología es causa de cambio social, pero el determinismo pierde valor explicativo. Si abandonamos el segundo sentido, entonces el primero tampoco sería muy interesante. Podríamos decir que, dada una tecnología, es de esperarse que tenga lugar un cierto tipo de desarrollo, pero si no pensamos que el impacto de dicha tecnología es significativamente previsible y/o que tiende a dirigir el desarrollo social en una dirección definida, entonces el determinismo sería bastante anémico. El cambio tendría que darse por otro tipo de causas sociales, con muy poco o nada de contribución por parte de la tecnología en cuestión. Podríamos decir que la tecnología es un indicio del cambio social, o que un nivel de desarrollo tecnológico está correlacionado, por lo general, con un cierto nivel de desarrollo social, pero que no habría ninguna relación causal determinista entre ambos. En ambos casos, el determinismo tecnológico pierde valor explicativo y por lo tanto interés.

Podemos concluir, entonces, que la idea de determinismo tecnológico interesante como principio explicativo de cambio social comprende *tanto la creencia en una dinámica inmanente del cambio tecnológico, generalmente expresada en la idea de que existen leyes propias del progreso tecnológico, como la creencia de que la tecnología determina otros aspectos de la vida social*. Nótese que ambas creencias suponen que la tecnología tiene un carácter relativamente *autónomo*, ya sea para dar cuenta de la dinámica supuestamente propia de la tecnología, como para aceptar que existe una distinción entre el ámbito tecnológico y el social, al cual la primera afecta. Como señalamos en el capítulo anterior, la idea de la autonomía de la tecnología sostiene que ésta es neutra con respecto a intereses o valores que no son los de la racionalidad tecnológica (como la eficiencia o la optimización).

La diversidad de maneras en que estos temas han sido tratados por las ciencias sociales ha provocado un cúmulo de literatura que intenta poner orden en las distintas versiones del determinismo tecnológico. Smith y Marx (1996) sostienen, por ejemplo, que la idea de determinismo tecnológico ocupa un largo espectro que va desde las versiones “duras” hasta las “suaves”. En el extremo duro se atribuye agencia (el poder de efectuar cambios) a la tecnología misma o a alguno de sus atributos, de modo que el avance tecnológico conduce a una situación de “ineludible necesidad”. En el otro extremo, los deterministas suaves “comienzan por recordarnos que la historia de la tecnología es una historia de las acciones humanas”. En esta versión, comprender el origen de un tipo particular de tecnología requiere primero conocer acerca de los actores involucrados y sus circunstancias; así que en lugar de una explicación “monocausal” de la génesis del poder de una tecnología, estas posturas sostienen que es más plausible hablar de explicaciones multivalentes. El determinismo suave, pues, localiza a la agen-

cia histórica en una matriz más variada y compleja de factores sociales, económicos, políticos y culturales (1996, p. xiii).

Pero esta caracterización no es aceptada por todos. Por ejemplo, la postura de Bruce Bimber (1996) además de diferir nos muestra un panorama que revela cómo en las discusiones actuales entran los supuestos acerca de la ciencia y la tecnología que hemos estado describiendo. Según Bimber, el determinismo tecnológico no puede ser “suave”. O es determinismo tecnológico, o simplemente no lo es, y la ausencia de una caracterización precisa es la razón de muchos desacuerdos en torno al tema. Dice Bimber: “Hasta que no seamos capaces de ponernos de acuerdo acerca de qué queremos decir con este concepto, es poco probable que resolvamos la cuestión de si el determinismo tecnológico es una lente útil para interpretar la historia” (p. 81). Así pues, él propone dos criterios, el determinismo tecnológico, para serlo, debe ser *determinista* y debe ser *tecnológico*. De acuerdo al primer criterio, el determinismo tecnológico debe sostener que la historia está determinada por las *leyes* o por *condiciones* de la física y la biología (que subyacen a los artefactos tecnológicos), más que por la voluntad humana. Las teorías de la historia en las que la agencia humana es la causa primaria de cambio (como la de Habermas) no pueden ser etiquetadas como deterministas, dice Bimber. En lo que respecta al segundo criterio, Bimber especifica lo que quiere decir por tecnológico: esto *no* puede ser una definición que incluya procesos productivos, conocimiento acerca de procesos y artefactos, y tampoco sistemas de organización y de control. Por “tecnológico debemos entender, estrictamente, máquinas y artefactos. Si el determinismo tecnológico nos va a proporcionar una teoría causal de cómo la tecnología produce cambios en la sociedad, entonces la tecnología y la sociedad deben mantenerse distintos por definición” (p. 88).

Bimber evalúa tres tipos de perspectivas que han recibido la calificación de determinismo tecnológico, a las que él denomina *normativa*, *nomológica* y de “*consecuencias inesperadas*”. La versión normativa es la más común y puede ejemplificarse con la obra de Jürgen Habermas, Jacques Ellul, Lewis Mumford y Herbert Marcuse. En este caso, el determinismo tecnológico tiene que ver con el establecimiento y la prevalencia de normas que intentan hacer eficiente la relación medio-fin que se asocia con la tecnología. En la medida en que diferentes aspectos de la sociedad industrial se rigen por normas provenientes de los requerimientos implícitos a la tecnología (por ejemplo, normas que tienen que ver con la eficiencia, la optimización o la productividad), se considera que cada vez más se guía por criterios y valores ajenos a los que tradicionalmente se llaman “valores humanos”. Autores como los mencionados han apuntado críticamente al hecho de que el desarrollo de la sociedad actual se dirige cada vez más a satisfacer los lineamientos de la racionalidad instrumental promovida por la tecnología: la política, la economía y la moral quedan subordinadas a este desarrollo. Sin embargo, estas teorías no se califican como deterministas según la definición de Bimber, pues una teoría que



reconoce la especificidad histórica del fenómeno tecnológico no puede ser determinista, ya que no apela a las leyes de la física o a condiciones biológicas, ni tecnológicas. De manera complementaria, estas posturas reconocen el poder primordial de la agencia humana al erigir ciertas normas, y no otras, como rectoras de la vida social.

Las posturas de “consecuencias inesperadas” son aquellas que resaltan que incluso los actores más éticos y conscientes son incapaces de anticipar las consecuencias de los desarrollos tecnológicos. En este sentido, la tecnología tiene siempre algo de inevitable y sus consecuencias (impredecibles) afectan a la humanidad. Según Bimber, estas concepciones tampoco califican como deterministas pues se enfocan en la incapacidad de conocer los efectos de la tecnología, pero no en los procesos por medio de los cuales la tecnología avanza e impacta otras esferas. En cambio, las posturas que él llama *nomológicas* son las únicas que cumplen su estricta definición, pues sostienen que los desarrollos tecnológicos ocurren debido a una lógica *natural* que no está determinada cultural o socialmente, y que fuerzan a la sociedad a adaptarse; en estas posturas se afirma que la tecnología ejerce una influencia “causal” en las prácticas sociales. Bimber las ejemplifica con el artículo clásico de Robert Heilbroner titulado “Do Machines Make History?” (1996a), en donde se describe una secuencia fija de desarrollos tecnológicos que prescriben el patrón evolutivo por el cual debe transitar la sociedad y se reflexiona sobre el aforismo marxista de que “el molino hace al señor feudal, y la máquina de vapor al capitalista”.

Desde nuestro punto de vista, una caracterización como la de Bimber no es de mucha ayuda, ya que el problema del determinismo no es exclusivamente semántico o de confusión de terminología. No puede eliminarse, con un giro lingüístico la experiencia del impacto que las tecnologías tienen en nuestras formas de vida; ni tampoco el hecho de que la ciencia y la tecnología han jugado un papel central y específico en la conformación de la cultura y la sociedad modernas. Más allá de esto, nos interesa señalar un par de problemas en la definición de Bimber.

Por un lado, su concepción de determinismo y causalidad es claramente anacrónica. No hay nada en las leyes de la física o de la biología que las haga deterministas. Tampoco, cuando se habla de *causas* en la ciencia contemporánea, se habla necesariamente de causas deterministas. Muchas explicaciones causales en la ciencia son probabilistas. Más aún, puede decirse que muchas explicaciones causales incorporan factores contingentes (Cartwright 1983). La concepción de Bimber de las explicaciones científicas se remonta a Laplace y hace caso omiso del carácter probabilista de todas las teorías contemporáneas de la física. Además, esta concepción ignora por completo la diversidad de formas de explicación que se han desarrollado en los últimos dos siglos en otras ciencias naturales. En particular, deja de lado las explicaciones históricas y seleccionistas propias de la biología. Así como las numerosas discusiones que, dentro de las propias ciencias

naturales, han hecho ver las limitaciones de cualquier tipo de determinismo (por ejemplo, en el caso de la biología las extensas críticas al determinismo genético, ver Lewontin, Kamin y Rose 1984, como referencia clásica). Así pues, el criterio de Bimber, por decir lo menos, ignora los avances de la ciencia en los últimos 150 años.<sup>3</sup>

Por otro lado, su restricción de la tecnología a los artefactos y máquinas “separadas de lo social” es también insostenible a la luz de lo que hoy en día sabemos acerca de la naturaleza de la tecnología. Desde muy distintas perspectivas, que incluyen los avances en el campo de los estudios de la ciencia y la tecnología de los últimos veinticinco años, se han revelado las insuficiencias de esta concepción (hablaremos más de estas críticas en la segunda parte del libro). Muchos estudios de caso, por ejemplo, han mostrado cómo el diseño, la elección y la estabilización de artefactos involucran intereses y fuerzas sociales, y que, por tanto, es problemático sugerir que éstos aspectos pueden separarse de los aspectos materiales y/o funcionales (el diseño) de una máquina o artefacto (por ejemplo, ver los artículos compilados en Bijker *et al.* 1987, Bijker y Law 1992 o los libros de Latour y Woolgar 1979 o Latour 1987).

Una definición como la de Bimber elimina al determinismo tecnológico como una idea o explicación plausible del cambio social. Pero lo hace por las razones equivocadas, ya que ignora lo que las ciencias naturales tienen que decir en contra del determinismo y lo que los estudios sociales han revelado acerca de la tecnología. El problema de fondo sigue ahí. Una perspectiva, o incluso, un modelo que nos permita avanzar en nuestro análisis del impacto que la ciencia y la tecnología tienen en otros aspectos de la vida social —y viceversa—, requiere una concepción más sofisticada de la naturaleza de las explicaciones y una mayor atención a los avances de los estudios sociales de la ciencia y la tecnología. ¿En qué sentido podemos dar respuesta a la experiencia cotidiana de que el cambio tecnológico afecta en sentidos inexorables nuestras formas de vida? ¿Cómo podemos contestar a los incontables libros y autores —con un gran peso en la formación de opiniones tanto a nivel local como global— que sostienen tesis aventuradas acerca de las consecuencias sociales que *irremediablemente* tendrá éste o aquel desarrollo tecnológico? ¿Qué tipo de respuesta podemos dar a lo anterior que sea una explicación satisfactoria para las ciencias sociales y que reconozca las debilidades de la tesis de la autonomía de (la ciencia y) la tecnología?

---

<sup>3</sup> En el capítulo anterior vimos que esta concepción de la explicación está asociada con el supuesto de la homogeneidad de la ciencia y la creencia metafísica de que hay una sola estructura causal del mundo que explicar. Curiosamente, como veremos en la segunda parte del libro, éste es un supuesto presente también en los modelos que los estudios sociales de la ciencia y la tecnología han construido en las últimas dos décadas.

Estas no son cuestiones de carácter exclusivamente académico. Su correcta formulación y la búsqueda de respuestas más satisfactorias a la luz de los avances de las ciencias sociales y las humanidades tiene o puede tener repercusiones positivas en numerosos debates, decisiones y acciones relacionadas con la regulación, promoción o crítica del desarrollo de ciertas tecnologías y de su impacto en otras esferas de la vida social. Asimismo, una visión más sofisticada nos permitirá reconocer la manera en que diversos cambios en la organización de la sociedad y en los valores e intereses de distintos actores afectan el desarrollo de las tecnologías. Un excelente ejemplo de la manera en que estos elementos (avances científico-tecnológicos, organización o estructura social y valores) se encuentran complejamente entrelazados lo constituye el conjunto de las llamadas *técnicas de reproducción asistida* (TRA). Una vez que contamos con una mínima claridad respecto al instrumentalismo y el determinismo tecnológico –ideas que se apoyan mutuamente– nos referiremos con cierto detalle a este ejemplo, con objeto de hacer explícitos los diferentes tipos de conexiones de las que debemos dar cuenta en un modelo satisfactorio de cambio tecnológico y social.

### **4.3 LA “REPRODUCCIÓN DEL FUTURO”. VALORES, INTERESES Y TRANSFORMACIÓN DE LA FAMILIA**

Como mencionamos en la Introducción, el desarrollo de las TRA –cuyo inicio lo marca la primera “bebé de probeta”, Louise Brown– detonó numerosos debates éticos y legales que tienen que ver con su impacto en la estructura “tradicional” de la familia, la intervención de la tecnología en las esferas más íntimas de la vida humana y las cuestiones más generales de las relaciones de género y los conceptos de paternidad y maternidad. Hoy en día suman más de tres millones los niños que han sido concebidos mediante inseminación *in vitro* alrededor del mundo. Tan sólo en 2002 hubo 200,000 nacimientos de este tipo y en países como Holanda y Dinamarca uno de cada 25 niños es concebido en una caja de Petri.

Ningún tema contemporáneo de la relación entre ciencia, tecnología y cultura parece afectar de manera más profunda cuestiones centrales en la organización social de nuestra especie, de modo que este se ha convertido en un terreno fértil para quienes recurren a una concepción determinista del cambio tecnológico. Simultáneamente, la discusión en torno a estas tecnologías genera distintas discusiones de corte ético, relativas no sólo a su uso, sino al tipo de valores e intereses que han marcado y siguen marcando su desarrollo y sus características materiales y funcionales, tema que nos remite también a la discusión del instrumentalismo (capítulo 3).

El panorama general es el siguiente. De acuerdo con el último informe de la Organización Mundial de la Salud (2002), alrededor de 80 millones de personas en todo el

mundo son estériles, con la mayor incidencia concentrada en los países pobres. El nexo de esta problemática con la pobreza es revelador, pero pocas veces se menciona cuando se discute el uso y desarrollo de las TRA. En Estados Unidos, por ejemplo, las mujeres negras pobres tienen una tasa de esterilidad que es 50% mayor que la de las mujeres blancas de clase media. Esto parece estar ligado a la mayor propensión a enfermedades sexuales e infecciosas, y quizás también a problemas de nutrición y crecimiento. Si bien la opción de la adopción persiste para las parejas estériles (aunque no para las parejas más pobres), el uso de las nuevas tecnologías para enfrentar la esterilidad ha crecido sistemáticamente entre quienes tienen acceso a ellas (es decir, quienes cuentan con los recursos económicos suficientes) y, simultáneamente, ha aumentado la promoción de las supuestas ventajas de estas tecnologías incluso frente a la concepción “natural”.

Las TRA comprenden los procedimientos médicos encaminados a la fecundación humana mediante la unión de gametos masculinos y femeninos. Involucran, por lo tanto, la manipulación de células germinales, cigotos y embriones. Implican, asimismo, procedimientos de distintos grados de complejidad, comenzando por la inseminación artificial (practicada desde la década de 1940 en humanos y de uso más antiguo en la ganadería), la cual consiste en la introducción de espermatozoides en el tracto reproductor femenino. Pese a su sencillez la inseminación artificial generalmente requiere la estimulación ovárica de la mujer mediante tratamientos hormonales, seguida de ultrasonidos frecuentes para determinar el grado de madurez de los folículos y óvulos, y análisis de laboratorio. Requiere también de la optimización de la muestra de semen mediante técnicas de capacitación seminal, consistentes en la selección y concentración de los gametos masculinos. En esta técnica, el semen preparado es colocado por diferentes medios mecánicos en la cavidad uterina.

En breve, incluso el procedimiento más sencillo depende de la descomposición y la manipulación de los diferentes aspectos de la reproducción. Esta característica básica de este grupo de tecnologías ha sido denunciada en la literatura feminista como el resultado de un desarrollo científico-tecnológico orientado al control, más que a la comprensión, de los procesos naturales (por ejemplo, Fox Keller 1992 o Arditti 1997). Ahora bien, la mayoría de los procedimientos que acaparan la atención en los medios de comunicación son considerados de “alta complejidad”. Incluyen la fertilización *in vitro* con transferencia embrionaria posterior (FIV-ET), la transferencia intratubaria de gametos (GIFT) y la Inyección Intracitoplásmica del Espermatozoide al Óvulo (ICSI). La fertilización *in vitro* (FIV-ET) es la técnica más conocida de este grupo y es la que permitió la concepción de Louise Brown en 1978. Consiste en cualquier procedimiento de fertilización —es decir, de la unión de espermatozoide y óvulo— que se lleve a cabo fuera del cuerpo humano, en un laboratorio o clínica. El procedimiento requiere la hiperestimulación ovárica mediante hormonas, seguida de la aspiración de folículos estimulados. Esto se consigue por lapa-

roscofia o por un método denominado TUDOR; ambos procedimientos requieren anestesia local o general dado lo doloroso de la intervención. Después de su obtención, cada óvulo es colocado por separado en una caja de Petri con una muestra de semen que ha sido preparada en una incubadora para su fertilización (para adaptarse a los parámetros antes mencionados). La transferencia embrionaria hacia la cavidad uterina se realiza después de 72 horas, cuando el óvulo exitosamente fertilizado se ha dividido en cuatro o 16 células. La tasa de embarazo obtenida es de 35% por procedimiento individual, seguido por un 70% después de cuatro repeticiones.<sup>4</sup>

Las clínicas de reproducción asistida ofrecen además toda una miscelánea de otras técnicas, que incluyen diagnósticos genéticos de preimplantación (PGD, que deben distinguirse de los diagnósticos prenatales como el ultrasonido o la amniocentesis ya que se realizan utilizando un par de células de las primeras etapas del embrión), ovulación asistida con láser, aspiración de esperma testicular (TESA), microaspiración epididimal de esperma (MESA) y selección de género con el método patentado MicroSort.<sup>5</sup> A lo anterior se debe sumar el uso de ovocitos o esperma que proceden de un donador. Esto ocurre tanto en casos de infertilidad de uno o los dos miembros de una pareja, como en el caso de parejas homosexuales. La selección de donadoras de óvulos ocurre por un procedimiento similar al que sigue una paciente sometida a fertilización *in vitro*: la mujer deberá someterse a hiperestimulación ovárica y microcirugía para la extracción de óvulos. En el caso en que se necesite de una madre subrogada (es decir, una mujer que renta su matriz para albergar

---

<sup>4</sup> Estos datos son muy variables e incluso cuestionables ya que el éxito varía de una clínica a otra y depende también del número de óvulos obtenidos. Hasta hace poco, diferentes centros de reproducción asistida en Estados Unidos contaban con diferentes criterios de éxito (la pertenencia de México a la RED —una sociedad internacional abocada a este tipo de técnicas— ha significado uno de los primeros intentos por normar la tasa de éxito de cada clínica en nuestro país). A partir de 1995 la Sociedad para la Tecnología de Reproducción Asistida (SART, por sus siglas en inglés), afiliada a la Sociedad Americana de Medicina Reproductiva (ASRM, por sus siglas en inglés), publicó estadísticas de 281 clínicas de reproducción asistida en Estados Unidos que proveyeron información acerca de los *ciclos* iniciados en ese año ([www.asrm.org](http://www.asrm.org)). Estos datos fueron avalados por los Centros para Control y Prevención de Enfermedades (CDC) y por *Resolve* (la Asociación Nacional para la Infertilidad), que es la organización civil más amplia de consumidores de estas tecnologías en Estados Unidos ([www.resolve.org](http://www.resolve.org)).

<sup>5</sup> El método MicroSort está siendo evaluado por la Federal Drug Administration (FDA), la agencia reguladora de Estados Unidos. Consiste en la selección de los espermatozoides portadores de un cromosoma X (niña) de los portadores de un cromosoma Y (niño) mediante la diferencia en la cantidad de DNA que portan (el cromosoma Y es notoriamente más pequeño que el X). El método permite pasar de 50% de probabilidades para una niña a 89.5% y a 73.6% si lo que se desea es un niño.

el desarrollo del embrión, también llamada madre *gestacional*) se requiere tratamiento hormonal especial para prepararla para la implantación.

Partiendo de esta breve descripción podemos comenzar a apreciar la íntima conexión que existe entre el desarrollo de estas tecnologías y sus implicaciones, pero también el sentido en que estas técnicas incorporan valores de carácter económico y de género. Comencemos por lo más obvio. Para empezar, la posibilidad técnica de llevar a cabo la fecundación en un ambiente experimental ha generado nuevas posibilidades para establecer una familia. Por ejemplo, si los óvulos de una mujer no son viables, puede recurrirse a la donación de óvulos y la posterior implantación del embrión en la madre receptora. Por contraste, también puede darse el caso de que la matriz de una mujer sea incapaz de llevar a cabo el desarrollo embrionario, en cuyo caso podrá contratarse (subrogarse) la matriz de una mujer receptora (madre gestacional) para hospedar el desarrollo del embrión de la madre genética. En un caso extremo puede contratarse la matriz de una madre subrogada e implantarle un óvulo fecundado donado por una tercera mujer. Asimismo, puede llevarse a cabo la fertilización artificial o *in vitro* con espermatozoides del padre o de algún donante que no sea la pareja de la madre.

Estas combinaciones han generado una nueva terminología cuyo objetivo es reconocer las múltiples posibilidades de la maternidad y la paternidad. Al menos potencialmente un niño puede tener hasta cinco “padres”: el padre y la madre *legales* (o una pareja de padres del mismo sexo, *legales*), la madre *genética* que es la donadora del óvulo, la madre *subrogada* que facilitó o rentó el útero en que se desarrolló el embrión y el padre *genético o donador* de espermatozoides. Tales opciones reflejan un contenido comercial y jurídico (de propiedad o contractual). Pero las TRA no sólo reproducen relaciones (económicas o de género), sino que abren opciones en el caso de parejas del mismo sexo. La legalización del matrimonio de parejas del mismo sexo, que implica la obtención de los mismos derechos que el matrimonio heterosexual, generalmente se ha visto como una condición legal para acceder a estas tecnologías, pero éste no siempre es el caso.

Al día de hoy los únicos países que han legalizado plenamente el matrimonio de parejas del mismo sexo son Holanda (2001), Bélgica (2003), Canadá (2004) y España (2005), con Sudáfrica habiendo aprobado una ley que entró en vigor en diciembre de 2006, y el estado de Massachussets como una excepción en Estados Unidos.<sup>6</sup> Otros países o estados cuentan con legislaciones especiales que les permiten a las parejas del mismo sexo *registrar* su relación y ganar algunos de los derechos del matrimonio

---

<sup>6</sup> La situación legal a este respecto en Estados Unidos es muy compleja. Si bien Massachussets saltó a las noticias con su innovadora ley, al día de hoy 37 estados han firmado actas “de defensa del matrimonio” (heterosexual) y en 7 estados se han aprobado leyes que explícitamente prohíben el matrimonio para parejas del mismo sexo.

heterosexual, aun sin recibir todos sus beneficios. Por ejemplo, en Estados Unidos, ocho estados permiten la adopción de hijos por segundos padres o por padrastros (o madrastras) en parejas del mismo sexo, y nueve estados permiten que ambos padres del mismo sexo sean incluidos en el certificado de nacimiento de un hijo/a. Asimismo, seis estados permiten el establecimiento de contratos de subrogación de madres, servicio ampliamente utilizado como complemento de las TRA. Es notorio el caso de California, cuyo ambiente legal combina una serie de normas y antecedentes que han hecho posible el establecimiento de empresas especializadas en ofrecer TRA a la comunidad “LGBT”.<sup>7</sup>

Comúnmente, las parejas formadas por dos varones recurren a la subrogación materna y la donación de óvulos en bancos especializados, mientras que las parejas formadas por dos mujeres se someten a la inseminación artificial, teniendo que decidir cuál de ellas será la madre gestacional. Otra opción a la que recurren las parejas lesbianas es la donación del óvulo por una de ellas, combinada con la implantación del cigoto (obtenido gracias a la donación de esperma) en el útero de la otra, de manera que ambas puedan tener un vínculo biológico con el bebé. Muchos de estos procedimientos requieren la posterior adopción legal (por uno o ambos miembros de la pareja) del niño o niña. En resumen, la separación de los diferentes componentes de la procreación y la maternidad ha abierto opciones que han sido utilizadas cada vez en mayor número por parejas del mismo sexo e individuos que cuentan con los recursos económicos para hacerlo. La creciente inclusión de estos procedimientos en pólizas de seguros médicos pareciera, además, ser el preludio de una mayor popularización.

Si bien el desarrollo de estas técnicas comúnmente se retrata como una alternativa positiva frente al problema de la esterilidad y la formación de una familia, su uso ha despertado críticas de grupos con intereses y valores muy distintos. Por ejemplo, de acuerdo a grupos conservadores —que tienen un peso político real en Estados Unidos— las TRA impactan negativamente la estructura tradicional de la familia, particularmente debido a la apertura de opciones que representan para la paternidad biológica de parejas del mismo sexo. Desde su perspectiva, el desarrollo de las TRA implica disparar un proceso inexorable de modificación radical o de destrucción de la familia nuclear heterosexual y de los lazos biológicos del parentesco. Para ello, documentan el acceso que, *de facto*, tiene ya la comunidad homosexual a estas técnicas. Por citar un caso, la empresa “Growing Generations”, establecida en California en 1996 y que atiende principalmente a parejas del mismo sexo, reporta haber auxiliado en la concepción de al menos 400 bebés. Y seguramente resulta incalculable el número de parejas lesbianas

---

<sup>7</sup> LGBT es una abreviación, cada vez más utilizada en textos escritos en los países anglosajones para referirse a la comunidad lesbiana, gay, bisexual y transexual.

que han recurrido a la inseminación artificial con un donador conocido, ya sea en el hogar o en una clínica, dada la simplicidad del procedimiento.

Los defensores del matrimonio homosexual arguyen que la mayoría de los hijos en hogares con padres del mismo sexo siguen siendo el producto de matrimonios o relaciones previas heterosexuales.<sup>8</sup> Es nulo, además, el impacto que las TRA han tenido en la modificación de las familias pobres, que claramente representan la mayoría de los hogares del mundo. Si bien es cierto que las parejas del mismo sexo potencialmente pueden beneficiarse de las TRA, los datos y la historia sugieren una conexión más compleja. La estructura de la familia ha cambiado radicalmente a lo largo de la historia de la humanidad. Incluso hoy en día, si bien tiende a reducirse la diversidad cultural de nuestro planeta, persisten formas familiares y estructuras sociales que no son las que encontramos en las urbes industrializadas de occidente. El matrimonio de parejas del mismo sexo ha existido en numerosas culturas, siendo el caso más conocido el de los griegos de la Antigüedad. Pero sin ir más lejos, apenas después de la Guerra Civil en Estados Unidos se permitió a los afroamericanos contraer matrimonio y fue hasta 1967 cuando se legalizaron los matrimonios inter-raciales en ese país. Más aún, diferentes censos y estudios empíricos han mostrado que la estructura social y familiar en las sociedades industriales se ha modificado notablemente en las últimas décadas como resultado de la mayor participación de la mujer en labores ajenas a la familia y, al menos en Occidente, debido a una transformación de los valores resultado de la revolución sexual de las décadas de 1960 y 1970. Ninguno de estos cambios tiene que ver con el desarrollo de las TRA; es decir, resulta sumamente ingenuo decir que el desarrollo de estas tecnologías tendrá, o ha tenido, un efecto en la modificación de la estructura familiar, pero también resulta innegable el hecho de que abren posibilidades novedosas de relación familiar.<sup>9</sup>

Para más datos. El 34% de las parejas homosexuales en el sur de Estados Unidos se encuentra a cargo de la crianza de niños. Esa cifra es mayor que en otras regiones

---

<sup>8</sup> No está de más señalar que innumerables asociaciones de pediatras, psicólogos e investigadores sociales en diferentes países han realizado estudios y publicado resultados que van en contra de la creencia de que los hijos criados en hogares con padres del mismo sexo se encuentran en desventaja frente a los hijos de hogares heterosexuales, así como al hecho de que este factor no influye de ninguna manera en sus preferencias sexuales (esto es, las preferencias sexuales de los adolescentes en ambos tipos de hogares tienen las mismas proporciones). Por ejemplo, ver las numerosas ligas en la sección de "parenting" en la página de Human Rights Campaign Foundation ([www.hrc.org](http://www.hrc.org)), que incluye tanto resultados de las investigaciones en ciencias sociales como por especialistas en medicina.

<sup>9</sup> Por ejemplo, hoy en día se calcula que al menos 1 de cada 6 hogares en Estados Unidos se encuentra bajo la manutención de una sola persona, sea la madre o el padre.



de ese país, pero no por mucho, pues se calcula que el 30% de los hogares de lesbianas en Estados Unidos crían niños. Los datos de censos también refieren que existe mayor probabilidad de que los hogares de lesbianas afroamericanas tengan niños que los hogares de lesbianas blancas. Este es, de hecho, uno de los principales argumentos que grupos gays y de lesbianas han sostenido en distintos países a favor del matrimonio homosexual, como una garantía legal para el acceso de las familias pobres a los servicios de salud, educación y otros que provee el Estado. En este caso, pues, un conjunto de condiciones, entre las que destacan las económico-sociales (por ejemplo, el desplazamiento de las mujeres al trabajo, la pobreza o la estructura social –étnica– de una nación), pero también las políticas (la revolución sexual de la década de 1970) han jugado un papel crucial en la transformación de la estructura de la familia, que precede al escaso acceso que la población, en general, tiene a las TRA.<sup>10</sup>

Seríamos, sin embargo, muy ingenuos si pensáramos que el desarrollo de esas tecnologías ha sido indiferente a la modificación de formas de vida, normas y valores, y que se trata de meros instrumentos que los hombres y mujeres utilizan en la obtención de sus fines (tener una familia, por ejemplo). Como ya mencionamos (capítulo 3) esta postura instrumentalista ha sido el objeto de la crítica más aguda de los grupos feministas, que ven en el conjunto de estas técnicas un claro caso en el cual los valores de la sociedad patriarcal se encarnan, materialmente hablando, en la manipu-

---

<sup>10</sup> Al referirnos a la accesibilidad de estas técnicas tenemos en mente el aspecto económico. La obtención de gametos masculinos ocurre en un gran número de bancos de semen, que pagan aproximadamente 200 USD por muestra. En el caso de los óvulos, se paga aproximadamente 2,000 USD a la donante. La subrogación de madres es el servicio más caro. Debido a la multitud de legislaciones al respecto, en Estados Unidos el servicio es hoy en día ofrecido y contratado a través de empresas especializadas, como *Surrogate Alternative*, que cobra alrededor de 52,000 USD por el servicio que incluye el pago a la madre (alrededor de 20,000 USD), los servicios de asesoría legal y el procedimiento de adopción del niño, los gastos médicos y exámenes, así como la realización del perfil psicológico de la madre subrogada. No incluye ni la donación de óvulos ni la fertilización *in vitro*, cuyo costo oscila entre los 5,900 y los 10,000 USD por ciclo ([www.surrogatealternative.com](http://www.surrogatealternative.com)). Por último, un ciclo de MicroSort, que ayuda a aumentar las probabilidades de uno u otro sexo cuesta 3,400 USD. Respecto a las ganancias que genera esta industria es difícil calcularlas. Cabe mencionar que estas incluyen no sólo el costo de los servicios y productos antes mencionados, sino los medicamentos e instrumentales desarrollados para llevarlos a cabo, y cuestiones relacionadas con la estructura de la profesión médica, como la multitud de cursos de actualización dirigidos a los especialistas. La infertilidad, sostiene James Twerdahl, director de comercialización de Fertility and Genetics Research Company, representa un enorme mercado (citado en Arditti 1997, p. 324) (especialmente si tomamos en cuenta que al menos en Estados Unidos viven de 3 a 4 millones de parejas con dificultades para concebir hijos).

lación y control –ideológico y material– al que se somete a las mujeres. Un mínimo de atención a los requerimientos técnicos de estos procedimientos comienza a revelar las problemáticas que les interesan a las feministas. Por ejemplo, la hiperestimulación ovárica por medio de tratamientos hormonales genera efectos secundarios –algunos de ellos graves, como hipertensión arterial e incluso trombosis– en la salud de las mujeres. Asimismo, muchos de los procedimientos involucrados son sumamente dolorosos y requieren de fuertes anestésicos (incluía hasta hace poco el uso de morfina), aspecto que es poco difundido pero que ha sido denunciado por grupos de mujeres en Estados Unidos, Europa y Canadá. Datos más recientes revelan que por cada 100,000 mujeres sometidas al tratamiento, seis de ellas fallecen (*New Scientist*, octubre 21-27, 2006). La publicidad, sin embargo, induce a pensar que la extracción y la donación de óvulos es un procedimiento de la misma complejidad que la donación de esperma, pese a que la obtención de los gametos femeninos se basa en prácticas altamente intervencionistas<sup>11</sup> e, incluso, abiertamente peligrosas, mientras que la donación de esperma requiere exclusivamente de la masturbación. Los grupos feministas también han podido mostrar que la estimulación hormonal para las madres subrogadas genera serios daños a la salud (como trombosis), que no son contemplados en los gastos médicos o de hospitalización establecidos en los contratos. Como respuesta, recientemente se han comenzado a desarrollar procedimientos alternativos que facilitarían la maduración de óvulos fuera de la mujer para evitar los dolorosos y complejos tratamientos de extracción.

Las feministas argumentan, sin embargo, que en estas innovaciones se antepone la racionalidad tecnológica (por ejemplo, la optimización en el número y calidad de óvulos extraídos, la eficiencia medida como tasa de fertilidad o número de productos –bebés– por cada *ciclo* técnico, etc.) y la imposición de una ideología que ve a la infertilidad femenina como un defecto o enfermedad, frente a la salud, la posibilidad de una experiencia traumatizante y la vida de las mujeres adultas. Estas prioridades reflejan nuevamente el dominio de un grupo específico de valores (que incluyen el aprecio y promoción de una ciencia basada en el control mediante la descomposición y la intervención en la naturaleza) e intereses (los de una industria millonaria que aprovecha la ideología de la maternidad), sobre formas de vida basadas en valores “más humanos” y “femeninos”. Al respecto dice una autora: “Estas tecnologías separan no sólo la procreación de la sexualidad, sino que más significativamente aún, separan a la maternidad en los diferentes componentes, los cuales solían ser parte de un proceso total. Estamos

---

<sup>11</sup> Una relación “intervencionista” con la naturaleza y una ciencia “manipulativa” se ha asociado, en la obra de reconocidas autoras, con un conjunto de valores “masculinos”, propios de la sociedad patriarcal occidental. Para más detalles se puede consultar por ejemplo, Fox Keller (1992) y Donna Haraway (1989).

ahora en el punto en el cual la maternidad biológica se encuentra en cuestión y en necesidad de una definición explícita, exactamente como se encontraba la paternidad hasta ahora (Arditti 1997, p. 322).

La idea fundamental de las feministas, de que el conjunto de estas técnicas encarna —en la lógica de su diseño, en su materialidad y en su operación— un grupo particular de valores, se refuerza con la asociación de estas prácticas en una red más amplia de procedimientos técnicos, sobre todo los relacionados con el diagnóstico prenatal. Combinadas con las técnicas de amniocentesis y ultrasonido, que hoy en día son procedimientos regulares, así como con los criterios de selección de donantes de esperma y óvulos, las técnicas de diagnóstico genético embrionario y de selección del sexo, se ha abierto la puerta a multitud de decisiones eugenésicas ejercidas por los contratantes y los médicos. Esta oferta de procedimientos responde a la creciente demanda de hijos que se parezcan racial e intelectualmente a sus padres, pero refleja también los valores que han guiado el diseño y desarrollo de procedimientos que cumplen eficientemente con tales propósitos.

Muchos críticos, incluidas de nuevo las feministas, han denunciado también el carácter de género y de clase que han adoptado diferentes regulaciones alrededor del mundo. En la mayoría de los países, la legislación se ha hecho eco de la concepción “geneticista” de la paternidad, lo que ha tenido consecuencias importantes. En muchos casos en que una madre subrogada ha cambiado de parecer y decide quedarse con el recién nacido, los jueces han resuelto que el origen genético de ese ser humano y las obligaciones del contrato comercial se encuentran por encima de la experiencia del embarazo.<sup>12</sup> Diferentes voces críticas han puesto el énfasis en la experiencia del desarrollo de una persona dentro de otra, como la experiencia (y no el objeto o la cosa genética) que debiera definir la maternidad biológica. Algunas feministas han destacado que solamente en una sociedad patriarcal, en la que el trabajo y la relación sentimental de una mujer hacia sus hijos tiene menor valor que el esperma de un padre y un contrato comercial, puede explicarse ese tipo de decisiones (Arditti 1997).

Sin embargo, las cosas no son tan sencillas. Podría pensarse que en los casos en que la donante de un óvulo reclama su derecho a la criatura nacida de la matriz de una madre contratante, los jueces confirmaron la supremacía de los genes. Pero esto no ha ocurrido así: en muchos de esos casos los jueces (al menos en Estados Unidos) han dictaminado a favor de la madre contratante, quien “adquirió” el óvulo. De acuerdo a los

---

<sup>12</sup> Por otra parte, el sesgo de clase y género de estos procedimientos se refleja en una serie de prácticas. Mientras se efectúan rigurosos estudios para analizar el perfil médico y psicológico de las madres contratadas para subrogación, son raras las clínicas que efectúan un análisis similar a los padres contratantes.

críticos, pues el criterio que ha prevalecido es, en realidad, el comercial y/o contractual, reduciéndose a los gametos y a los bebés al carácter de mercancías.

Por ello, hay muchas organizaciones que han denunciado la relación entre cuestiones de género y desigualdad social, así como el trasfondo económico de estas prácticas. Esto abre la posibilidad de *modificar* la dirección del desarrollo científico-tecnológico de acuerdo a otros valores e intereses. Lo que muestra, en los hechos, que tanto el instrumentalismo como el determinismo tecnológico constituyen visiones simplistas de la relación entre el desarrollo científico y tecnológico y el resto de esferas de la sociedad. Por ejemplo, como ya señalamos, pese a que las mujeres pobres son las que padecen mayormente la infertilidad, las TRA solamente son accesibles para las parejas de clase media alta o alta (que pueden adquirir pólizas de seguro médico extraordinarias). Hay, pues, una desmedida desigualdad entre las grandes sumas de dinero que se invierten en el desarrollo y contratación de las técnicas de reproducción asistida y en la publicidad en torno a lo adverso de la infertilidad y los beneficios de las TRA (medicamentos, instrumental, procedimientos) y aquellas que se invierten en el estudio de las causas (genéticas, fisiológicas, anatómicas, psicológicas) y la cura de la infertilidad. Esto ha redituado en continuas y destacadas recomendaciones de la ONU y en particular de la Organización Mundial de la Salud, que se hacen eco de grupos que abiertamente promueven la reorientación de la investigación en estas áreas. Si bien el éxito de estos llamados es claramente modesto (lo que muestra el ímpetu de esta industria, un tema al que volveremos en la tercera parte del libro), indica que la reorientación de la ciencia y la tecnología es posible.

El panorama más preocupante que señalan los grupos progresistas, sin embargo, es la reducción de la paternidad a un contrato de propiedad y del bebé al carácter de mercancía. Las TRA no son meros instrumentos carentes de una carga de valores. Su diseño, sus funciones y los significados que recrean al ser producidas y utilizadas reproducen las complejas relaciones de desigualdad de género y clase que prevalecen en la sociedad actual (aunque de manera diferente en distintos contextos o países). Tampoco son la causa determinante, ni lo serán, de los complejos cambios sociales que ha sufrido la familia en las sociedades occidentales modernas. Las TRA no son las causantes de la “muerte de la familia”. Muchos críticos de la postura conservadora (pero no todos) dirían que, por el contrario, en la mayoría de los casos el uso de las TRA actualiza los valores de la familia nuclear y patriarcal nacida en el siglo XIX.

Podemos afirmar, sin embargo, que el desarrollo de estas tecnologías sigue una trayectoria relativamente delimitada (por valores, intereses e historia particular), tendiente a un mayor control de los procesos biológicos, así como a una mayor descomposición de la reproducción en sus componentes, lo que a su vez redundaría en su posible manipulación (la posibilidad, por ejemplo, de que un niño tenga hasta cinco padres en

potencia). Pero no es fácil detectar un actor o grupo de actores que promuevan explícitamente este tipo de tecnologías (como sí era posible detectar a los responsables de los puentes de Nueva York). Su desarrollo parece responder más bien a un mercado y a fuerzas económicas que explotan la búsqueda de una familia biológica (genética); pero también a un sistema de valores que si bien muestra importantes variables locales (la India y China son ejemplos notables), promueve formas de reproducción humana que abren posibilidades (por ejemplo, para las parejas homosexuales), pero también que reproducen o perpetúan otras (como las relaciones comerciales o de género).

¿Qué nos dice esta discusión acerca del determinismo? ¿Debemos sustituir el determinismo tecnológico por un determinismo económico que opere mediante las leyes del mercado? La respuesta es no. Nuestro argumento central es que los modelos económicos pierden de vista innumerables factores contingentes que juegan un papel crucial en la comprensión de qué es lo que da dirección e ímpetu a lo que llamamos (en la tercera parte de nuestro libro) *trayectorias tecnológicas*. Esos factores tienen una naturaleza heterogénea y fuertemente local, es decir, en el ejemplo de las TRA pueden incluirse cosas como las características biológicas particulares de la reproducción humana, pero también, como hemos reiterado, las relaciones de género vigentes en un determinado país y clase social (no es lo mismo el caso de la India, en donde existe una enorme presión histórica y social que opera contra la procreación de niñas, que el caso de Holanda, en donde se permite prácticamente todo excepto la subrogación de madres inmigrantes), o las características más disímiles en los sistemas judiciales y de valores, entre muchos otros. Dependiendo de la estabilidad, las características y la historia de un caso concreto (por ejemplo, la discusión acerca de si tiene más peso judicial un contrato comercial o un vínculo genético en California), diferentes factores adquieren mayor o menor peso. Las limitaciones de los modelos de desarrollo económico para dar cuenta de estos fenómenos históricos los estudiaremos con mayor detalle en los últimos capítulos del libro, después de revisar las aportaciones más recientes de la historia y la sociología de la ciencia y la tecnología. Por ahora, lo que nos interesa resaltar es que las explicaciones de corte económico no son suficientes para dar cuenta ni de la complejidad de las causas del cambio tecnológico ni de sus efectos en múltiples esferas, que incluyen no sólo los aspectos económicos o mercantiles, sino la esfera de los valores y las normas. Consideremos con más detalle a qué nos referimos.

Decir que las TRA o, para el caso, que el matrimonio entre personas del mismo sexo, “afectan” la estructura de la familia y de la sociedad, es afirmar algo tan general que resulta trivial o completamente equivocado. Es cierto que las TRA constituyen un recurso tecnológico innovador para las parejas homosexuales, y que abren nuevas y esenciales discusiones de tipo ético en torno a problemas como el uso generalizado del diagnóstico genético y la libertad para elegir, que deben tener (o no) los padres. Sin embargo,

reiteramos, los cambios en la estructura, valores y dinámica de las familias “occidentales” se han dado también independientemente del efecto de las nuevas tecnologías y como resultado de otras transformaciones en la estructura social en general, tales como la mayor participación de las mujeres en el mercado laboral, pero también como los movimientos de liberación femenina y el movimiento lésbico-gay. Tales transformaciones, sobra decirlo, afectan de manera diferencial a cada comunidad y en cada país.<sup>13</sup> Más interesante resulta, seguramente, el análisis y la crítica anti-instrumentalista de la manera en que valores e intereses específicos orientan el desarrollo y las características de un grupo de tecnologías como las TRA.

El desarrollo de las TRA, por otra parte, ha ocurrido en contextos tan distintos como la creación de bancos de semen como parte del movimiento eugenésico en Estados Unidos, o la comprensión del ciclo menstrual de las mujeres por los fisiólogos del siglo xx. Si bien todas estas técnicas tienen su origen en los intentos (materiales, sociales, ideológicos) por controlar la reproducción y la herencia biológica, la pregunta de por qué puede ser importante “tener un hijo propio” (sea cual fuere lo que esto significa) no es —la mayoría de las veces— ni siquiera explorada. Muchos estudios comienzan por asumir que existe un impulso *biológico* (“natural”) hacia la reproducción; otros, en cambio, asumen que es un deseo socialmente construido. Estudios más recientes, en cambio, han comenzado a preguntarse qué constituye esa sensación de “propiedad” de un hijo y han aventurado la respuesta de que esta es una necesidad o un sentimiento co-construido junto con las técnicas de reproducción asistida (Lesnik-Oberstein 2007). Este tipo de acercamientos echa mano de la historia, de la antropología e, incluso, del psicoanálisis. Evidentemente, tales acercamientos quedan fuera de lo que un modelo de desarrollo económico o de innovación tecnológica puede responder. Asimismo, tales reflexiones apuntan a los límites del determinismo tecnológico y del instrumentalismo. Las TRA y el cúmulo de cuestionamientos de orden cultural, ético y social que generan son resultado de una compleja dinámica histórica que, conforme se estabiliza (gracias a factores económicos, sociales o de valores) genera la experiencia de que es esa dinámica tecnológica, esa capacidad de controlar la naturaleza, la que se encuentra detrás de las transformaciones sociales de las que somos testigos. Sin embargo, como han hecho ver las críticas feministas, es más bien la incorporación de grupos concretos de valores de género y clase, así como de intereses (en este caso económicos) lo que parece encontrarse detrás de las características de esas tecnologías.

---

<sup>13</sup> Por ejemplo, en Estados Unidos las familias afroamericanas se han visto más afectadas que el resto de la población por la participación de las mujeres en el trabajo; asimismo, la manutención de estas familias se encuentra en una mayor proporción a cargo de un sólo adulto (generalmente la madre).

## Segunda parte

Los retos del determinismo  
y el instrumentalismo: los estudios  
sociales de la tecnología

## 5.0 INTRODUCCIÓN

Los estudios sociales de la ciencia y la tecnología han transformado la concepción que la filosofía y la historia tenían de estas actividades y de sus relaciones con diversos aspectos de la vida social. Una historia social de nuestra concepción actual seguramente tendría que tomar en cuenta el papel de movimientos como la revolución cultural de finales de la década de 1960, el desarrollo del ecologismo y la guerra fría, los cuales de distinta manera pusieron en el centro de las preocupaciones al desarrollo científico y tecnológico (ver Feenberg 1999). El número creciente de problemas asociados al desarrollo tecnológico, aunado a sus muchas consecuencias inesperadas e indeseables (incluidos incidentes definitorios como los de la planta nuclear de Chernobyl, el descubrimiento de los efectos del gas naranja en los veteranos de Vietnam, la contaminación por residuos sólidos del agua y del aire por la industria, y el desastre ecológico en los países del bloque soviético y en los países en vías de desarrollo, entre muchos otros), constituye el contexto en el que se han cuestionado no sólo los usos y aplicaciones, sino las instituciones, metas y prácticas de la ciencia y la tecnología.

El estudio especializado de estos temas ha operado en dos grandes direcciones. Por una parte, se ha avanzado notablemente en el conocimiento de la estructura y las normas de las prácticas científicas, lo cual ha modificado nuestra visión de la relación entre ciencia y tecnología. Hoy en día contamos con una visión multifacética y repleta de ejemplos del papel de la cultura material y los instrumentos en el desarrollo de la ciencia, lo cual reintroduce a la técnica y la tecnología en el estudio de la investigación y el conocimiento científico. Asimismo, se cuenta con estudios de un nivel de profundidad totalmente nuevo acerca del carácter programático y político de las disciplinas científicas. Muchos de los métodos utilizados para el estudio de la ciencia se han exportado al estudio de la tecnología y viceversa, lo cual ha redundado en una más detallada documentación de las intrincadas relaciones entre éstas.

Por otra parte, en las últimas dos décadas *pareciera* haber una menor participación de los científicos, tecnólogos e intelectuales en los temas que afectan la relación entre



ciencia-tecnología y sociedad en general. Lejos parecen estar los días de las polémicas públicas entre John D. Bernal y George Orwell en la posguerra, en que se discutía de manera global el papel de la ciencia y la tecnología en la sociedad presente y futura.<sup>1</sup> También parecen distantes las controversias de finales de la década de 1960 e inicios de la de 1970, cuando el grupo *Science for the People*, liderado por prestigiosos científicos de la Universidad de Harvard, denunciaba la alianza de la ciencia y la tecnología en la guerra de Vietnam. Hay quienes han sugerido un vínculo, al menos parcial y ciertamente paradójico, entre la mayor especialización y *academización* de las investigaciones en el campo de los estudios sociales de la ciencia y la tecnología, y la falta de activismo político de los científicos (Fuller 2000). La mayoría de las polémicas actuales, tanto en las ciencias sociales como en las humanidades, giran en torno a temas especializados; sólo unas pocas voces se atreven a teorizar acerca del papel general de la ciencia y la tecnología en la sociedad contemporánea. Con contadas excepciones (los estudios de género, los de tipo ético o los que involucran el *principio de precaución*) la discusión académica parece haberse quedado encerrada en sus preocupaciones teóricas.

Pero esa percepción es equivocada. La transformación de nuestras ideas sobre la ciencia y la tecnología en el ámbito académico ha impactado, en un grado que paradójicamente apenas se está percibiendo dentro de ese ámbito, tanto en el carácter de las herramientas con las que se analizan los retos de la ciencia y la tecnología, como en los métodos y criterios de evaluación en la implementación de proyectos, sobre todo los de carácter tecnológico (un ejemplo notable es el impacto del libro de Nowotny, Scott y Gibbons 2001). Asimismo, el desarrollo de muchas áreas de la ciencia y tecnología que enfrentan serios retos de índole ético, cultural o económico (como el desarrollo de la computación y la informática, la nanotecnología, y sobre todo la ingeniería genética y la biomedicina en general) y el agravamiento –y globalización– de los problemas asociados al desarrollo económico y tecnológico han provocado que muchos científicos y tecnólogos estén obligados a externar sus posturas éticas, económicas o políticas con mayor insistencia (ver, por ejemplo, las distintas posturas expresadas en torno a la biotecnología en libros como el de Kevles y Hood 1992, o en Jasanoff 2005).

Esta tendencia, en que los avances teóricos de las humanidades tienen claras repercusiones prácticas, que a su vez se retroalimentan de esas experiencias, es más clara

---

<sup>1</sup> Steven Fuller caracteriza la historia política y académica de este viraje, en parte como resultado de la *kubnificación* de los estudios sociales de la ciencia y la tecnología, a la que acusa del carácter empirista del Programa Fuerte de la Sociología del Conocimiento y la Escuela de Edimburgo, a la que nos referiremos a continuación (Fuller 2000, especialmente el capítulo 7). Para el papel político de John D. Bernal, ver la reciente biografía de Brown (2002).

en los países con democracias altamente desarrolladas como los nórdicos, la Unión Europea y Estados Unidos. Y tiene el efecto previsible de impactar en la investigación que se realiza en las humanidades y las ciencias sociales en muchas universidades y centros de investigación alrededor del mundo.<sup>2</sup> Más aún, en casos como el de la Unión Europea la reflexión, la regulación y las acciones en torno a problemas específicos de la relación entre desarrollo científico, tecnológico y democracia, han sido parte fundamental de su estructuración como una entidad política y culturalmente viable (Jassanoff 2005).

Los grandes temas con los que iniciamos este libro (el determinismo tecnológico, la neutralidad y la autonomía de la ciencia y de la tecnología y, en general, las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad) han constituido el telón de fondo de muchos de los avances y discusiones en el campo de los estudios de la ciencia y la tecnología. En esta segunda parte del libro analizaremos las respuestas más influyentes en las últimas dos décadas a estos problemas.

## 5.1 LOS ESTUDIOS DE CONSTRUCCIÓN SOCIAL DE LA TECNOLOGÍA

La escuela del constructivismo social (SCOT, *Social Construction of Technology* por sus siglas en inglés) reúne a autores que comparten la reacción contra el determinismo tecnológico y contra la concepción de que el cambio científico y tecnológico es independiente de valores, intereses y otros “factores sociales”. El constructivismo también pretende ir en contra de cualquier tipo de *estructuralismo* (como ellos lo definen), sea de corte marxista o funcionalista (ver Bijker *et. al.* 1987 y Bijker y Law 1992). Es decir, a diferencia de los enfoques tradicionales de las ciencias sociales, que adoptan categorías generales (como las clases sociales), y/o una visión sistémica de la sociedad, la escuela constructivista tiene por objeto explicar la *estabilización* de determinados artefactos tecnológicos a nivel *microsocial* o local. Para ello los constructivistas generalmente recurren a explicaciones en las que se hace referencia a los diferentes intereses de los grupos sociales involucrados en la evolución o en la estabilización de una tecnología o un artefacto concreto. Si bien este tipo de explicaciones sociológicas permite explicitar muchos aspectos del cambio tecnológico que permanecían ocultos en enfoques más tradicionales (por ejemplo, la no-neutralidad de los diseños tecnológicos), también es cierto que –como veremos– éstas constituyen el talón de Aquiles de este enfoque.

La perspectiva constructivista de la tecnología surge a partir de preocupaciones similares en el campo de la sociología del conocimiento. Pinch y Bijker sostienen que

---

<sup>2</sup> Sirvan como ejemplo los 3-4 billones de dólares anuales que en promedio invierte en investigación humanística y social el National Institute of Health, en Estados Unidos, como parte del programa *ELSI* (Ethical, Legal and Social Implications of the Human Genome Project).

“el estudio de la ciencia y el estudio de la tecnología debería, y de hecho puede, beneficiarse mutuamente” para alcanzar una “perspectiva unificada social-constructivista” (1987, p. 17), la cual implica una crítica a la idea de que la tecnología no es más que la aplicación de la ciencia. En particular, el nacimiento de los SCOT se encuentra estrechamente relacionado con la escuela de los estudios empíricos sobre el relativismo (*EPOR*, por sus siglas en inglés), cuyo principal exponente es Harry Collins (1985), y la de los estudios sociales del conocimiento (*SSK*, por sus siglas en inglés), que incluye a autores como Steven Shapin y Simon Schaffer (Shapin y Schaffer 1989), Pickering (1995).

A inicios de la década de 1980 ambas escuelas adoptaron las ideas fundamentales del llamado Programa Fuerte de la Sociología de la Ciencia, en especial el llamado *principio de simetría*, así como la noción de *flexibilidad interpretativa* de los datos (Collins 1985), para aplicarlos al campo de los estudios de la tecnología, y en particular al estudio empírico de casos de cambio tecnológico. El principio de simetría, formulado originalmente por Bloor (1976), se ha expresado de diferentes maneras y existen casi tantas versiones de él como de la noción de paradigma kuhniano. Una de sus primeras versiones sostiene que al investigar las causas de una creencia científica los sociólogos deben ser imparciales en relación con su verdad o falsedad, ya que ambos tipos deben ser explicadas apelando al mismo *tipo* de causas (por ejemplo, tanto a causas sociales como a la “racionalidad” de los actores involucrados). En otras palabras, no pueden buscarse explicaciones epistémicas o “rationales” cuando tratamos con una teoría o creencia considerada verdadera, y explicaciones “sociales” cuando nos enfrentamos a creencias evaluadas como falsas. El mismo tipo de factores o principios explicativos deben ser utilizados tanto para explicar el éxito como el fracaso de una creencia, o su supuesta verdad o falsedad. Por ejemplo, no podemos explicar el surgimiento y desarrollo del lisenkoísmo aludiendo exclusivamente a causas “sociales”, tales como las condiciones políticas del estalinismo, al tiempo que argumentamos que la teoría mecánica clásica es resultado del apego de Newton al moderno método científico, dejando de lado las circunstancias económicas y culturales de su época.

Aplicado al cambio tecnológico el principio de simetría implica abordar con el mismo tipo de explicaciones los casos de éxito y los de fracaso de un diseño o artefacto tecnológico. Tanto en unos casos como en otros (el abandono en el uso de un tipo de objetos o su nula salida al mercado, así como la estabilización de un modelo de bicicleta o el éxito de internet) intervienen factores técnicos como el diseño, la producción, los materiales de un artefacto y factores que, por carecer de una mejor terminología, podemos llamar “sociales”. Estos últimos incluyen factores políticos, culturales y económicos que, pese a las declaraciones en contra, son los factores dominantes en las explicaciones de los constructivistas. Así pues, las razones por las cuales se estabiliza el uso de un artefacto no son más técnicas y/o menos políticas que las razones por las cuales el pro-

yecto de construcción de un aeroplano británico es abandonado a pesar de su óptimo funcionamiento (Law y Callon 1992).

Uno de los ejemplos más conocidos de este tipo de explicaciones es el estudio de Pinch y Bijker (1987) sobre el desarrollo de la bicicleta a inicios del siglo xx, en el cual enfatizan la *flexibilidad interpretativa* que diversos grupos de interés otorgaban a ese objeto. Por ejemplo, la poca estabilidad de las bicicletas con una gran rueda anterior, las llamadas High Wheeler, hacía que fueran utilizadas por el grupo de los ciclistas más jóvenes y arriesgados; en su tiempo, eran un objeto con un significado “*macho*”, que iba más allá de su diseño físico. La estabilización del modelo de bicicleta con llantas neumáticas, que conjugó seguridad y velocidad, finalmente pudo reunir el consenso necesario de diferentes grupos de interés: las mujeres ciclistas (quienes buscaban seguridad y una manera de combinar el uso de vestidos con la bicicleta), los jóvenes deportistas (a quienes interesaba la velocidad más que la seguridad), los paseantes (quienes al igual que las mujeres buscaban seguridad, pero, a la vez, un compromiso con la velocidad), los peatones y los anticiclistas (quienes de diversas maneras, incluido el lanzamiento de piedras e insultos, se manifestaban contra el uso de las bicicletas). Se eliminó así el uso de modelos como la Penny Farthing, la American Star y la Facile, que anteriormente habían sido utilizadas predominantemente por alguno de estos grupos. El punto central del argumento de Pinch y Bijker es que no existe una evolución lógica o técnica de la bicicleta, sino un conjunto de modelos o variantes que responden a grupos específicos. El modelo estabilizado es resultado de una *controversia* y refleja el compromiso alcanzado entre los diversos intereses, lo que resulta en un objeto con un contenido social y no meramente material.

El principio de simetría apunta a que el diseño o las características técnicas de un artefacto no son suficientes para explicar su estabilización o su rechazo. Pero la incorporación de intereses diversos en un mismo artefacto requiere que las explicaciones de los constructivistas apelen al segundo principio metodológico, el de la flexibilidad interpretativa. De manera análoga a como lo hace Collins (1987) en su estudio de controversias *científicas*, los constructivistas sostienen que existe una *flexibilidad interpretativa de los artefactos tecnológicos*.<sup>3</sup> La flexibilidad interpretativa se refiere, básicamente, a las distintas maneras en que pueden ser “interpretados” los artefactos tecnológicos. Sin embargo, esta idea no carece de ambigüedad. No siempre es claro si los constructivistas

---

<sup>3</sup> Según Collins, los datos empíricos con que cuenta un científico siempre son compatibles o están abiertos a más de una interpretación teórica. La flexibilidad se cierra o limita cuando se alcanza un consenso científico acerca de lo que es la “verdad”, para lo cual intervienen mecanismos sociales, no la naturaleza, ni el mundo. Es decir, lo que cierra las polémicas científicas son negociaciones entre diversos grupos de interés.

hablan de los diferentes significados que distintas comunidades o grupos de interés le asignan a un mismo objeto, o de la manera como los intereses de distintos grupos se plasman en el diseño y construcción (material) de un tipo de objetos. Tener claro lo anterior resulta pertinente en la mayoría de los casos. Por ejemplo, si recordamos la historia y el *uso* de la píldora anticonceptiva, resulta que antes de la Segunda Guerra Mundial –en sus primeras etapas de desarrollo– ésta era vista –al menos en Estados Unidos– como un instrumento para auxiliar a la fertilidad y también como una herramienta que, en manos del movimiento eugenésico, permitiría limitar la reproducción de grupos sociales considerados “indeseables” (débiles mentales, prostitutas, alcohólicos, inmigrantes de ciertas nacionalidades, etc.). Su significado, por tanto, lo acercaba a los intereses de grupos que pugnaban por un mayor control social. Por el contrario, a partir de la década de 1970 la píldora fue utilizada no sólo para evitar la concepción sino como un símbolo progresista de la liberación sexual de las mujeres. El contenido hormonal de la píldora, sin embargo, sufrió durante este trayecto modificaciones que parecen corresponder más a las necesidades de la industria farmacéutica y a la accesibilidad de algunos de sus componentes, que a los intereses de las usuarias.

El principio de flexibilidad interpretativa, pues, reconoce que la historia de la tecnología y de cada objeto o artefacto en particular no consiste en un proceso lineal en donde el diseño más actual o difundido es el que mejor cumple con una supuesta función de cada uno de los instrumentos. Para las mujeres amas de casa la función primordial de un automóvil, por ejemplo, puede ser el transporte cómodo de niños y víveres, mientras que para un corredor profesional es el medio de alcanzar altas velocidades. Una historia del automovilismo, pues, no puede ser la historia de una secuencia de modelos automotrices que desemboque ya sea en las populares minivans, o en los autos Fórmula 1. Esta crítica a la historia lineal y el énfasis en el principio de flexibilidad interpretativa explica que los constructivistas hayan dedicado la mayor parte de sus esfuerzos al estudio de numerosas controversias, lo que eventualmente les ha permitido mostrar (como el famoso caso de la bicicleta o el de la ultracentrífuga en Elzen 1986) que existen gran diversidad de formas, diseños, materiales y construcciones posibles para un mismo tipo de objeto. La historia tradicional de la tecnología, en este sentido, ha sido responsable de una visión demasiado simplista y uniforme del desarrollo de los artefactos, enfocándose al estudio de los objetos exitosos y reconstruyendo linealmente, como una historia de mejoras “necesarias” en el diseño, la evolución de los artefactos. Lo mismo ha ocurrido con los modelos de innovación tecnológica como los de la economía clásica (Schumpeter, Elster) a los que nos referiremos en la tercera parte del libro. En este tipo de narrativa, dicen Pinch y Bijker (1987), los modelos alternativos a un objeto son vistos simplemente como errores de diseño o callejones sin salida que fueron abandonados debido a su inferioridad técnica.

## 5.2 LAS EXPLICACIONES “SOCIOCÉNTRICAS”

Gracias a sus compromisos metodológicos el constructivismo ha aportado argumentos críticos que han sido positivos en el estudio del cambio tecnológico y de la relación entre ciencia y tecnología en las últimas décadas. En primer lugar, los constructivistas han sido eficientes en su crítica al determinismo tecnológico en sus dos vertientes. Es claro que en las explicaciones constructivistas la causalidad va de “lo social” (los intereses) a “lo técnico”, resaltando así el papel que juegan distintos grupos sociales en la conformación de un objeto. Además, el constructivismo cuestiona una de las ideas básicas asociadas al determinismo, la idea de que existe una especie de orden o cauce en el cambio tecnológico. Los constructivistas han podido mostrar, en muchos estudios de caso, que este proceso no ocurre de acuerdo a cauces impuestos o restringidos por las necesidades de mejoramiento técnico, innovación tecnológica o por algún otro tipo de dinámica “interna” a la tecnología.

En segundo lugar, al dar entrada a los intereses sociales en la conformación y estabilización de objetos técnicos, el constructivismo ha sido una de las perspectivas que ha puesto en la mira, en términos novedosos, el problema de la (no) neutralidad de la tecnología, siguiendo la línea de autores que ya hemos mencionado, como Jürgen Habermas, Herbert Marcuse, Langdon Winner y muchos otros. Así pues, desde la perspectiva del constructivismo el problema no es el buen o mal uso que se pueda hacer de un artefacto, como si su materialidad fuera un mero instrumento de distintos fines políticos o económicos. Los artefactos, más bien, encarnan los intereses (económicos, culturales, políticos...) de los diferentes grupos que intervienen en su estabilización o en el cierre de una polémica tecnológica. Ante la pregunta de cómo es que los artefactos encarnan estos valores, la respuesta del constructivismo es sencilla: la fuerza de los distintos grupos involucrados, así como los resultados de la negociación política entre esos grupos explican el peso relativo en el que quedan plasmados sus distintos intereses en las características del objeto.

El principal problema del constructivismo, sin embargo, se localiza en el núcleo mismo de sus explicaciones. Autores como Latour y Callon han criticado el carácter *sociocéntrico* y, hasta cierto punto, tradicional de las explicaciones constructivistas. Desde su perspectiva, éstas se limitan a la estrategia sociológica de localizar los intereses que pueden haber actuado como factores o causas del cambio social. En particular, Callon y Latour (1992) han señalado la ausencia de componentes materiales o técnicos en tales explicaciones. En esa misma dirección, otros autores han reconocido el valor de los compromisos sociales en las tradiciones tecnológicas, pero también la importancia de lo que podemos llamar *restricciones materiales* (por ejemplo, Galison 1995). Los constructivistas se oponen, en este punto, a prácticamente cualquier enfoque contemporáneo

del estudio de la tecnología. Pero al hacerlo dejan de lado un hecho importante que requiere explicación: la tecnología *funciona* —con más o menos éxito—, transforma el mundo, las situaciones, y es un factor que incide y ha incidido (de maneras que hay que discutir) en una serie de cambios en el entorno material del hombre y en sus formas de vida a lo largo de muchos siglos.

Es básicamente por esta razón que autores como Thomas Hughes (1998) han criticado la postura constructivista y la han acusado de caer en un determinismo social (ver capítulo 6). Nosotros hemos preferido llamar a estas explicaciones *sociocéntricas*, porque eluden la reflexión acerca del papel que juegan las restricciones materiales en el cambio tecnológico. La mayoría de las veces esto se conjuga con una postura ingenua respecto a las posibilidades y los límites de los diversos grupos sociales. Por ejemplo, el constructivismo puede dar cuenta de “la construcción social” de la píldora como un objeto “progresista”, es decir, del cambio de su significado original en el contexto del auge de la segunda revolución sexual. Pero no puede dar cuenta de la estabilización “material” de ciertas sustancias y no otras (hormonas y sustitutos), así como de los procedimientos que son parte de la elaboración, el uso y el funcionamiento (con un determinado porcentaje de éxito) de la píldora, independientemente de que lo usen las feministas de la década de 1970 o los grupos eugenicistas de la década de 1930. Los enfoques que veremos a continuación, tanto el de los *sistemas tecnológicos* como el de las *redes de actantes*, intentan salvar esta limitación reconociendo la importancia de construir explicaciones que contengan factores heterogéneos (“sociales” y “técnicos”).

Otro tipo de crítica apunta a las limitaciones del enfoque *micro*-social. Los constructivistas han sido una de las escuelas que con mejores argumentos (sus abundantes estudios de caso) han podido mostrar los beneficios de las reconstrucciones locales de la historia de la ciencia y la tecnología. Gracias a sus detalladas narrativas hoy en día contamos con una visión muy rica de la manera en que a nivel local diferentes actores intervienen en la estabilización de creencias científicas y objetos tecnológicos. Pero la mirada microsocial ha dejado insatisfecha la necesidad de dar cuenta de una dinámica social en la que no podemos negar la importancia de categorías macrosociales, como las de raza, género o clase, o procesos macrosociales, como la globalización de los mercados. Puestos en el contexto de una visión más actual de las ciencias sociales, estos estudios microsociales, con su rechazo de todo *estructuralismo*, son incapaces de explicar proyectos científicos y tecnológicos en los que la voluntad individual o la intervención de intereses no sean explícitos (lo cual ocurre cada vez más en el tipo de proyectos científico-tecnológicos, basados en *redes* de distintas naturalezas, que afectan el desarrollo de las sociedades)<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> Nos referimos aquí a redes computacionales (internet y otras), sociales y tecnológicas que caracterizan la etapa actual de la investigación en muchas áreas, como la biotecnología y las telecomunicaciones.

Ahora bien, pese a estas limitaciones, la escuela constructivista ha sido una de las más fructíferas, si la evaluamos por sus consecuencias prácticas. A finales de la década de 1980, y sobre todo a lo largo de la década pasada, algunos de los autores más reconocidos de esta escuela comenzaron a involucrarse en el análisis de proyectos tecnológicos en curso. Este involucramiento fue disparado por un cambio de perspectiva en la evaluación tecnológica (*technological assesment*) en los Países Bajos y en Dinamarca, orientada hacia la participación de un número mayor de actores en la evaluación y construcción de tecnología. A dicho enfoque se le ha llamado “evaluación tecnológica constructivista” (CTA, por sus siglas en inglés). Muchos de los conceptos e ideas más fructíferas de la escuela constructivista de la ciencia y la tecnología se trasladaron al campo de la aplicación y la administración de sistemas tecnológicos *reales*. El desarrollo de la CTA, pues, constituye uno de los proyectos más prometedores para entender y promover procesos más democráticos en el diseño, implementación, desarrollo y evaluación de proyectos tecnológicos.

### 5.3 LA EVALUACIÓN CONSTRUCTIVISTA DE LA TECNOLOGÍA

La evaluación del impacto de nuevas tecnologías (*technological assesment*) tiene sus raíces en las décadas de 1960-1970 en Estados Unidos, en el contexto de las críticas a la carrera armamentista y del auge del movimiento ecologista. El concepto mismo se refería al deseo de controlar y regular los efectos negativos (sobre todo ambientales) de las nuevas tecnologías, pero muy pronto tuvo que ver con la necesidad, por parte de los legisladores estadounidenses y la sociedad en general, de contar con información técnica independiente, precisa y objetiva, del impacto de grandes proyectos, como el de Transporte Supersónico y el de los misiles antibalísticos.<sup>5</sup> En 1972 se crea la Oficina de Evaluación Tecnológica (OTA, por sus siglas en inglés), como una agencia del Congreso norteamericano, cuyo objetivo era proporcionar a los legisladores el apoyo experto, científico-técnico, que permitiría formar juicios autónomos a los del brazo ejecutivo del gobierno.<sup>6</sup>

---

<sup>5</sup> Aunque no vamos a extendernos en este análisis no está de más señalar que las concepciones implícitas en la idea original de la “evaluación tecnológica” incluían la creencia en una dinámica de cambio tecnológico que responde a una lógica interna, frente a la cual solamente quedaba la alternativa de regular —o modular— los efectos negativos. Asimismo, en estos primeros intentos por evaluar el impacto de la tecnología se asumía que es posible contar con información científica y tecnológica que sea independiente de juicios, valores o intereses “ajenos” a esas esferas de desarrollo.

<sup>6</sup> Como puede verse, este periodo es sumamente activo en la fundación de agencias relacionadas con el desarrollo tecnológico; recuérdese que en ese mismo año el gobierno del Presidente Nixon crea también la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus



Los métodos de trabajo de la OTA, así como sus resultados concretos (los más de 700 reportes que produjo en torno a temas como la política energética, la de transporte y la ambiental) influyeron de modo importante en agencias similares que se fundaron en los siguientes años, en otros países. En general, este tipo de instituciones respondían a peticiones de evaluación de proyectos particulares, para lo cual contaban con técnicos especializados y recurrían a la opinión de *expertos*. La OTA y otras agencias tenían la misión de sopesar y sintetizar la información disponible, para finalmente elaborar reportes con recomendaciones concretas. Era parte de sus objetivos el no apelar a intereses particulares o partidarios, sino exclusivamente a criterios científico-técnicos (ver la nota 6), principio que era vigilado por diferentes tipos de comités (por ejemplo, en el caso de la OTA dichos comités estaban integrados por legisladores de los dos principales partidos, miembros de la industria y del mundo académico).

Otra estrategia a la que se recurrió frecuentemente en la evaluación de tecnologías consistió en separar las agencias de promoción de las de regulación de la ciencia y la tecnología. Por ejemplo, en las décadas de 1950 y 1960 la Agencia de Energía Atómica de los Estados Unidos promovía el desarrollo de este tipo de energía y también velaba por su regulación y la evaluación de su impacto. Sin embargo, muchos críticos hicieron ver que la actividad autorreguladora de esta agencia era muy limitada y estaba supeditada a la promoción de estas tecnologías. Ello condujo a que en la década de 1970 se separaran esas funciones en dos instituciones: el Departamento de Energía y la Comisión de Regulación Nuclear, con lo cual se distinguieron la promoción y la regulación. Esta estrategia, sin embargo, tiene serias limitaciones, en parte porque “institucionaliza” la dicotomía y el dilema al que se enfrentan las sociedades frente al desarrollo científico y tecnológico: cómo promover su avance al tiempo que se evitan las consecuencias negativas, muchas de ellas consideradas en la actualidad como los retos más importantes que enfrenta la humanidad. Además, la separación de ambos aspectos en dos tipos de agencias refleja de nuevo una de las concepciones más arraigadas de la ciencia y la tecnología: la idea de que su desarrollo obedece a una lógica interna y autónoma, y que sólo podemos limitarnos a regular posteriormente sus efectos.

---

siglas en inglés). La OTA fue clausurada en 1995, tras 23 años en funciones como resultado de lo que se llama el “Contrato con América” de la mayoría republicana. El argumento central para clausurar tan importante oficina, la cual contaba con un gran prestigio a nivel no sólo local sino internacional, fue que “duplicaba funciones” que ejercían otras agencias. Como hemos señalado al hablar de la regulación de la ingeniería genética, Estados Unidos representaba, dentro de los países industrializados, hasta mediados de la década de 1980, la vanguardia en cuestiones de regulación científico-tecnológica. Pero a partir de entonces los gobiernos republicanos iniciaron un largo periodo de desregulación cuyo objetivo explícito era favorecer el desarrollo de los negocios y la industria.

En la década de 1980 comenzaron a desarrollarse métodos y formas de evaluación tecnológica distintas, que resaltaban la importancia de contar no sólo con juicios científicos y tecnológicos, sino la participación de los ciudadanos comunes y corrientes en la toma de decisiones. En Dinamarca, país que cuenta con una larga tradición democrática, comenzaron por ejemplo a organizarse “talleres de diálogo” de expertos y ciudadanos comunes; y otros experimentos incluyeron la participación amplia en el “diseño” de los *consumidores futuros*, es decir, la explicitación de qué tipo de valores y parámetros constituirían a una sociedad transformada por el uso de tales tecnologías (Schot y Rip 1997). Esta tendencia reflejaba la acumulación de experiencias de organización social frente a las consecuencias negativas ligadas al desarrollo tecnológico alrededor del mundo. Asimismo, el surgimiento de distintos enfoques de evaluación tecnológica se conecta con la participación directa de la sociedad mediante las llamadas organizaciones no-gubernamentales, las cuales tuvieron un crecimiento importante en la década de 1980.

La evaluación constructivista de la tecnología es parte de esta familia de enfoques y sus principios se encuentran claramente conectados con el enfoque constructivista en el estudio de la ciencia y la tecnología. Mientras en la evaluación tecnológica usual (como la que se llevaba a cabo en la OTA) el aspecto tecnológico o técnico se daba “por hecho”, se evaluaban de forma *a posteriori* sus consecuencias y la opinión de los expertos tenía una clara supremacía sobre otras opiniones, la CTA tiene por objetivo *ampliar* el enfoque de la evaluación en varias direcciones y etapas del desarrollo tecnológico, utilizando diferentes herramientas y estrategias, y haciendo explícitos un mayor número de puntos de vista (es decir, una mayor diversidad de valores e intereses). La idea de que las fuentes, etapas, criterios y agentes de la evaluación debe ampliarse es fundamental para entender el núcleo de esta perspectiva, como lo señaló uno de los primeros documentos gubernamentales que se refirieron a este enfoque, el *Memorandum de Política de Evaluación Tecnológica* de Holanda, publicado en 1984, cuyo objetivo consistía en “ampliar la toma de decisiones sobre ciencia y tecnología en la sociedad” (Schot y Rip 1997, p. 252). El memorándum (que se ha convertido en una especie de paradigma de política científica y tecnológica en la Unión Europea) se refería a la necesidad de ampliar los aspectos y los actores involucrados en la evaluación de tecnologías, así como la importancia del *aprendizaje social* (si bien restringía éste a la cuestión de mejorar la comprensión pública de la ciencia y la tecnología).<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup> Una vez que la Organización Holandesa para la Evaluación Tecnológica (*NOTA*, por sus siglas en inglés) se estableció en 1987, retomó la perspectiva constructivista del memorándum y se tomó mucho más en serio el concepto del aprendizaje social. Una herramienta central de la evaluación constructivista de la tecnología la constituye la

El enfoque CTA pretende construir puentes entre la promoción y la regulación de la tecnología. Para hacerlo parte del reconocimiento de un principio constructivista básico: *la tecnología y sus efectos se co-construyen* (Rip, Misa y Schot 1995, p. 3). Esta idea tiene implicaciones prácticas notables, pues en lugar de centrarse en la solución de conflictos que se desatan una vez que se sufren las consecuencias negativas de una determinada tecnología o proyecto, la idea es que “los efectos sociales de una tecnología dependen crucialmente de la manera en que los impactos son activamente buscados o evitados por los diversos actores involucrados en el desarrollo tecnológico” (*ibid.*, p. 3). Es decir, existe una responsabilidad compartida desde el inicio de un proyecto por los promotores y los controladores de la tecnología; las tecnologías enfrentan una mayor resistencia y problemas de aceptación cuando sus promotores no son capaces de considerar sus posibles impactos, y cuando las comunidades afectadas carecen de los medios o canales para acceder a los procesos de toma de decisión pertinentes. Lo que hace falta, de acuerdo al enfoque de CTA, son “mecanismos y procesos que faciliten el aprendizaje social acerca de cómo co-producir tecnología, y cómo alcanzar resultados deseables” (*ibid.*, p. 3).

Un primer paso que muestra las conexiones de este tipo de acciones con el análisis constructivista, consiste en ampliar las actividades de diseño de tecnologías, es decir, ampliar la capacidad de la sociedad de influir en ellas mientras aún se encuentran en desarrollo y aún no han adquirido formas “más duraderas” (los constructivistas sostienen que las tecnologías se encuentran en una constante dinámica de cambio, por lo que no hay una forma “final” de éstas), buscando afectar tanto su impacto social como ambiental. Según Wynne la tecnología es un “vehículo social que representa, y tácitamente reproduce, compromisos sociales; no una entidad social que solamente tiene impactos sociales *post-hoc*” (1995, pp. 20-21). Ahora bien, estimular el desarrollo de tecnologías con impacto positivo no es un objetivo trivial ni obvio. ¿Qué tipo de impactos se quieren considerar y en interés de quién? Al enfocarse a todas las etapas de desarrollo de una tecnología los criterios o intereses económicos (que según los constructivistas actúan al nivel o en la etapa del mercado) no son suficientes. Tampoco es posible (dado el mencionado rechazo de los constructivistas a todo estructuralismo o “gran narrativa”) apelar a los intereses de una clase, o de la sociedad en su conjunto.

Por otra parte, el impacto de una tecnología es, en sí mismo, dinámico. El cambio tecnológico es guiado por la experiencia histórica de los actores involucrados, sus

---

*retroalimentación* de estas actividades en el desarrollo de tecnologías, y, por lo tanto, entre los medios que utiliza se encuentran diferentes técnicas de aprendizaje y de diálogo entre los distintos grupos de interés involucrados, como los consumidores, los expertos o las agencias gubernamentales.

perspectivas del futuro y sus percepciones acerca de las promesas o amenazas de un desarrollo particular. Asimismo, el impacto (o impactos) de una tecnología puede no estar alineado con los objetivos de sus promotores y, más aún, esos objetivos cambian, evolucionan, conforme los proyectos se desarrollan y llevan a la realidad. E incluso en el caso en que los valores que guían a un proyecto sean explícitos y compartidos por la mayoría de los actores es “frecuentemente imposible identificar la estrategia óptima con antelación” (Wynne *ibid.*, p. 4). Eso implica que para llevar a cabo una evaluación tecnológica que promueva un mejor manejo de sus riesgos se requiere tanto del aprendizaje social como de la experimentación. La administración de la tecnología, de acuerdo a los constructivistas, debe considerar su impacto desde el momento mismo del diseño de artefactos o proyectos, involucrar a los usuarios y a otras comunidades que se ven afectadas, y contener un elemento de aprendizaje social acerca de la co-producción de tecnología y sus efectos.

Como ya señalamos, este enfoque no consiste en una lista de buenas intenciones, ni en un proyecto de investigación académica. Se trata de una serie de políticas y acciones concretas, la mayoría de ellas plasmadas en regulaciones, directivas (como las de la Unión Europea) y agencias (instituciones) que buscan activamente una mejor relación de la sociedad con el desarrollo científico-tecnológico y que han generado una gran cantidad de resultados prácticos en cuestiones como el manejo de desechos y basura, el desarrollo de la energía nuclear y de fuentes alternativas de energía, o en la búsqueda de actitudes más consensadas hacia la biotecnología. Si bien podemos cuestionar que todas estas medidas y agencias gubernamentales (sobre todo en Europa) sean un resultado del enfoque constructivista que estos autores reclaman como propio, lo importante es reconocer que estos experimentos constituyen significativas propuestas en las que la investigación académica (de los estudios de la ciencia) y otras organizaciones de la sociedad se alían en la solución del dilema del desarrollo y el control de la tecnología.

Por otra parte, desde el punto de vista teórico, estos enfoques también aportan elementos para una mayor comprensión de la naturaleza de las prácticas científicas y tecnológicas, las cuales apuntan de diferentes maneras a las limitaciones de lo que hemos llamado la concepción tradicional. Las reflexiones más interesantes (o radicales) al respecto indican que al enfrentarse al desarrollo tecnológico *in vivo* los constructivistas han terminado por concluir que existen muchas más dimensiones o factores a considerar que únicamente los intereses o las preferencias. Por ejemplo, en su estudio acerca de los procesos de aprendizaje y las controversias involucradas en la evaluación de riesgos, Wynne elabora una crítica de las perspectivas que buscan descontextualizar el riesgo y “objetificar artificialmente” su significado. Este tipo de perspectivas se enfrenta, a grandes rasgos, a otra que busca identificar y localizar las definiciones de riesgo dentro de las relaciones sociales y culturales de los agentes involucrados. Wynne describe que

en 1977 el estudio de una planta de reprocesamiento de combustibles nucleares (*THORP*, por sus siglas en inglés) en Sellafield, Inglaterra, se encontraba dominado por el supuesto de los expertos nucleares y del gobierno de que para llevar a cabo una evaluación “objetiva”, la tecnología se limitaba a la planta de reprocesamiento y nada más. Los aspectos organizacionales, tecnológicos, económicos y políticos de la planta, y su integración en el ciclo de combustible nuclear (y, por lo tanto, en la distribución centralizada de energía en el Reino Unido) fueron dejados “fuera” del dominio racional del problema. De este modo, quienes externaban sus preocupaciones acerca de que la planta generaría una demanda futura de reactores que pudieran utilizar el plutonio que se produciría, fueron criticados por introducir “imágenes *emotivas* de la economía del plutonio” (1995, p. 22).

Wynne sostiene que los diferentes aspectos del problema y las definiciones de riesgo tienen que ver con el lugar desde el cual se encuentra situado un determinado actor. En este caso concreto no se trataba de la comunidad que habitaba en los alrededores de la planta propuesta o de organizaciones antinucleares, sino de un grupo de “expertos” que no fueron calificados como tales debido a la definición misma del problema del riesgo. Los críticos, por su parte, veían como parte del riesgo mismo a las instituciones de evaluación. La fuente de definiciones de riesgo, pues, no son los expertos o los técnicos (ellos mismos, como vimos en el ejemplo, en vías de definición en cada caso concreto), sino la confiabilidad que se les asigna a algunos de los actores involucrados en la evaluación y no a otros. El enfoque constructivista, entonces, enfatiza que los riesgos físicos siempre ocurren en contextos particulares donde diferentes actores pueden afectar diversas variables:

Las abstracciones expertas de magnitudes de riesgo físico son artefactos que pueden ignorar variables situacionales importantes, acerca de las cuales la gente común y corriente puede tener mayor conocimiento especializado (o un juicio de sentido común de diferentes prácticas sociales que sea igualmente legítimo) que los expertos. De hecho, el discurso dominante (“de riesgo objetivo *versus* subjetivo”), al designar las experiencias públicas y las identidades, inadvertidamente confirma y refuerza la sensación de riesgo *social* (Wynne *ibid.*, p. 23).

Al ampliar la participación de los tipos de agentes y las etapas de desarrollo tecnológico que se consideran en la evaluación de un proyecto, se generan experiencias de aprendizaje que, por supuesto, no van solamente en la dirección de los expertos hacia el público general y que permiten integrar conocimiento, valores e intereses diversos. Los trabajadores de una planta nuclear, por ejemplo, pueden ser más conscientes de los riesgos cotidianos que se enfrentan al no contar con todos los medios y condiciones necesarias para su trabajo. Este conocimiento generalmente deriva de experiencias previas que

pueden incluir cuestiones tan mundanas como los canales de distribución mercantil de un material que se utiliza en la confección de trajes, guantes y máscaras protectoras. Por supuesto, los trabajadores expuestos a este tipo de trabajo tienen una percepción del riesgo distinta a la de los expertos o los representantes de la industria.<sup>8</sup>

Un análisis de la ciencia y la tecnología que tome en cuenta tanto los retos del actual desarrollo científico-técnico como las herramientas de análisis desarrolladas en las últimas décadas no puede pretender que es posible contar con un diseño, una implementación y una evaluación meramente técnica o científica de las diversas tecnologías. Quién es considerado un experto, o qué es definido como riesgo, o incluso dónde se encuentran los límites de un determinado proyecto tecnológico (qué queda “fuera y adentro”) son cuestiones que se resuelven en cada caso concreto, y que determinan los intereses y valores que guían el desarrollo de proyectos particulares. El constructivismo ha sido particularmente eficiente en propagar una visión en la que los intereses (y valores) de diferentes agentes son parte constitutiva de los artefactos y proyectos tecnológicos. Con su participación en la evaluación de proyectos tecnológicos reales, y su énfasis en que los actores son co-construidos durante el proceso de desarrollo de tecnologías, la escuela constructivista ha podido superar una postura radicalmente relativista y ha contribuido a una visión renovada de la ciencia y la tecnología.

---

<sup>8</sup> Como epílogo de esta historia no está de más referir que THORP fue clausurada en 2005, tras una importante fuga de material altamente radiactivo “disuelto en ácido nítrico concentrado suficiente para llenar una alberca olímpica”. La peligrosa mezcla contenía 20 toneladas de combustible de uranio y plutonio, y escapó a través de una tubería fracturada hacia una cámara enorme de acero, que se encuentra en niveles tan altos de radiactividad que es inaccesible. Si bien se afirma que el accidente no representa peligro para la población, como señala el periódico inglés *The Guardian*, “el cierre no podría haber llegado en un peor momento para la industria nuclear”. Gran Bretaña se encuentra luchando para alcanzar sus metas de corte de emisiones de gas y efecto invernadero en 20% de los niveles de 1990 para el año 2010, y el programa de construir plantas nucleares para enfrentar ese reto –dado que el programa de construcción de “granjas de viento” no parecía ser suficiente– era uno de los programas más criticados de Tony Blair (*The Guardian*, mayo 9, 2005).

## 6.0 INTRODUCCIÓN

En este capítulo presentamos enfoques alternativos que buscan evitar los extremos del determinismo tecnológico y del constructivismo social. Con ese fin nos enfocaremos en el trabajo del historiador de la tecnología más representativo y prolijo de esta tendencia, Thomas Hughes.

Ahora bien, en tanto el determinismo y el constructivismo recogen aspectos significativos del cambio tecnológico no podemos simplemente ignorarlos, pero tomarlos en cuenta de manera equilibrada no es nada fácil. Una posibilidad es decir que el determinismo y el constructivismo apuntan a análisis de distinta naturaleza e incluso complementarios. Thomas Misa (1996), por ejemplo, ha defendido que el *nivel* al que se estudia el cambio tecnológico determina el tipo de procesos que observamos. Para Misa existen dos tipos de niveles en los que se puede llevar a cabo estudios sobre la tecnología: estudios a niveles micro y macro. Los estudios a nivel *micro* resaltan los aspectos contingentes de la tecnología (asociados con los diferentes tipos de interacciones e intereses que juegan un papel en la estabilización de una tecnología concreta), como lo hace manifiesto el constructivismo; mientras que los estudios a nivel *macro* enfatizan los aspectos característicos en los modelos deterministas de la tecnología, tales como las estructuras y tendencias económicas (un ejemplo es el enfoque de Heilbrunner). Misa sugiere realizar estudios que lleven a la construcción de teorías de *rango medio* para dar cuenta de la relación entre cambio tecnológico y sociedad.

Las observaciones de Misa hacen ver la importancia que tiene el enfoque desde el cual se analiza el fenómeno de la tecnología. E incluso desarrolla algunos ejemplos, bastante persuasivos, que muestran la importancia de la distinción entre enfoques macro y micro en relación con la discusión acerca de si, a grandes rasgos, es la sociedad la que moldea la tecnología o a la inversa. Sin embargo, Misa no menciona, y no pretende sugerir, que haya *una única* manera de articular teorías de rango medio. Una solución de este tipo se encuentra en la obra de Hughes que revisaremos a continuación, mientras

que en la tercera parte del libro presentaremos nuestra propuesta, la cual se basa en una manera propia de entender el concepto de *trayectoria tecnológica*.

## 6.1 EL MODELO DE LOS SISTEMAS TECNOLÓGICOS DE HUGHES

Thomas Hughes ha propuesto un análisis basado en el concepto de “sistema tecnológico” (véase en particular sus libros 1987, 1997, 1998). Para Hughes tanto el determinismo como el constructivismo son posturas limitadas, pues persisten en formas de explicación que no dan cuenta de la complejidad del cambio tecnológico. El determinismo tecnológico enfatiza el papel de la tecnología en la sociedad, pero sostiene que esta fuerza actúa unidireccionalmente sobre los aspectos “sociales”. El constructivismo, por el contrario, privilegia una dirección causal que va de “lo social y lo cultural” hacia lo tecnológico, pero no reconoce la importancia de los factores propiamente tecnológicos.

Según la caracterización de Hughes, los *sistemas tecnológicos* contienen elementos complejos que no pueden entenderse solamente como parte de un orden determinado (por ejemplo, el orden económico o el tecnológico), sino como recursos que han mostrado su valía para la solución de problemas. Son construcciones sociales, pero simultáneamente son moldeadores de la sociedad (Hughes 1987; se cita la edición de 1994, p. 51). Entre los componentes de un sistema, por ejemplo de un eléctrico, puede haber artefactos físicos como turbogeneradores, transformadores y líneas de cableado, pero también organizaciones, empresas manufactureras, instituciones financieras e incluso libros, programas universitarios, leyes, estándares y normas.

La terminología que elige Hughes no es casual. Hablar de *sistemas* significa, en primer lugar, utilizar deliberadamente el lenguaje de los actores involucrados en los procesos sociales e históricos de los que quiere dar cuenta. Especialmente a partir de la Segunda Guerra Mundial los ingenieros, políticos y en general los constructores de complejos tecnológicos como la red eléctrica de una nación, un sistema de defensa antiaéreo, una red de transportes, o el internet, se han referido a todos estos desarrollos como “sistemas”.<sup>1</sup> Sí pero, en segundo lugar, la palabra tiene una historia más antigua y general, y un uso en diferentes disciplinas (por ejemplo, la biología). Básicamente los sistemas se entienden como estructuras compuestas de distintas partes, relacionadas

---

<sup>1</sup> Incluso, como en el caso del desarrollo del Sistema de Defensa Antiaérea de Estados Unidos, *SAGE* (del cual hablaremos adelante) los diseñadores, en una primera etapa, se vieron obligados a hacer referencia explícitamente a los *sistemas orgánicos* (Hughes 1998, p. 21).



entre sí de forma que su funcionamiento y sus relaciones están orientados a la preservación de un *todo*, el sistema en su conjunto.<sup>2</sup>

En el interior de los sistemas tecnológicos los componentes interactúan de diversas maneras, con frecuencia de manera “sinérgica” y contribuyendo a los objetivos comunes del sistema. Los componentes funcionan con respecto a un objetivo compartido y al hacerlo sus características afectan y son moldeadas por otros componentes del sistema. Ahora bien, según Hughes los sistemas tecnológicos no son omniabarcantes, ni son sistemas cerrados. La noción de “ambiente” es importante porque en el modelo dinámico y abierto que propone este autor los sistemas *tienden a evolucionar* en el sentido de que incorporan cada vez más a los elementos del ambiente como parte del sistema. De esta manera, se eliminan fuentes de incertidumbre que son siempre, para los actores involucrados (y sus intereses), una fuente posible de problemas. Esta idea, como veremos, se relaciona con el concepto de *momentum tecnológico*, que es el concepto explicativo central en la propuesta de Hughes.

Así pues, bajo la perspectiva sistémica lo social y lo técnico se moldean mutuamente. En un ejemplo documentado por Hughes, el del sistema eléctrico en Estados Unidos, los componentes técnicos, administrativos y financieros de la compañía EBASCO se influían sinérgicamente en la década de 1920. La junta directiva podía acordar expandir sus instalaciones en un contexto de expansión económica de Estados Unidos, lo cual llevaba a los ingenieros a diseñar nuevas plantas de generación de energía capaces de operar en las áreas rurales del país (a diferencia de los orígenes urbanos de la electrificación), lo que posteriormente se sumaba a políticas de venta de acciones y otras para financiar dichos proyectos. Otros elementos más débilmente asociados al sistema, como los *curricula* universitarios de carreras relacionadas con la ingeniería, o el congreso y los sistemas políticos locales, también pueden verse más o menos influidos por la red de decisiones que afectan a los diversos elementos del sistema y a su vez influir a dichos elementos defendiendo sus intereses.

El carácter histórico de los sistemas, de acuerdo a Hughes, se manifiesta fundamentalmente de dos formas. Por un lado, en el hecho de que los sistemas tecnológicos parecen evolucionar de acuerdo a un patrón vagamente definido, esto es, atraviesan por fases en las que *predominan* actividades tales como la invención, el desarrollo, la innovación, la transferencia tecnológica, el crecimiento, la competencia y la consolidación. Esto no quiere decir que haya una secuencia lineal de estas etapas (como las que señalan los economistas al hablar de modelos de innovación tecnológica); para Hughes las

---

<sup>2</sup> Hughes reserva el término “tecnológico” para los sistemas que incluyen tanto elementos técnicos como sociales, ya que, como afirma, existen otros tipos de sistemas que no incluyen componentes técnicos. Los sistemas tecnológicos tienen un núcleo técnico.

fases pueden presentarse simultáneamente o en otro orden. El patrón de evolución de los sistemas no constituye un modelo o teoría general del cambio tecnológico, se refiere más bien al predominio de ciertas actividades y agentes en determinadas etapas.

Pero más importante aún en el modelo de Hughes, por la utilidad que puede tener en un análisis general de la tecnología, la historicidad de los sistemas tiene que ver con el concepto de *momentum tecnológico*. Cuando los sistemas tecnológicos crecen y maduran incorporan una cantidad tan grande de componentes técnicos y organizacionales, que adquieren una dirección y muestran una tasa de crecimiento que los hace parecer veloces (Hughes 1994, p. 76). Ello hace que quienes los observan o experimentan perciban que son *autónomos*. Pero lo que ha pasado, según Hughes, es que el sistema ha ganado algo análogo al movimiento inercial. La “masa” se relaciona con la cantidad de gente, intereses y recursos que participan, claramente involucrados y comprometidos con las características del sistema.

Así pues, conforme un sistema madura los componentes pierden libertad. En tanto que los sistemas tecnológicos se vuelven más grandes y complejos, y por tanto adquieren mayor *momentum*, se vuelven menos moldeables por el ambiente y más “moldeadores” del mismo. Las escuelas de ingenieros y sus organizaciones, por ejemplo, se encuentran cada vez más comprometidas económicamente por las necesidades de mantenimiento de sistemas tan complejos como el ferroviario o el eléctrico. Habilidades y conocimientos, así como estructuras físicas enormes y grandes burocracias legales y financieras se convierten en características de estos sistemas con un gran *momentum* tecnológico. Esta serie de procesos, dice Hughes, es lo que se ha percibido, vivido y teorizado como determinismo tecnológico.

Puede ilustrarse el concepto de *momentum* con sistemas tecnológicos que en alguna etapa estuvieron asociados a periodos de guerra. Plantas químicas como la BASF en Alemania, o instalaciones para construir bombas atómicas como las del Proyecto Manhattan en Estados Unidos, pudieron ser reincorporadas con gran parte de su burocracia, recursos económicos y habilidades técnicas en nuevos proyectos durante la posguerra. Una vez invertidas grandes cantidades de recursos (humanos, técnicos, financieros, políticos) en el desarrollo de un sistema, el mismo sistema va a buscar –y de hecho muchas veces creará– nuevos nichos y funciones. En el caso de la BASF un grupo de ingenieros familiarizado con los procesos de hidrogenación, gracias a su participación en el diseño de equipo de fijación de nitrógeno durante la Primera Guerra Mundial, pudo aplicar este conocimiento posteriormente para la producción de metanol durante la República de Weimar, y posteriormente para la producción de gasolina durante el régimen Nacional Socialista (Hughes, 1994). En el caso del Proyecto Manhattan, más allá de la continuación de la investigación militar, la producción de materiales enriquecidos (radioisótopos) y la investigación de los efectos genéticos de la radiación

atómica, se convirtieron posteriormente en dos grandes proyectos que cumplieron un papel importante no sólo en el desarrollo de la física, sino también en el de la medicina y de la biología.<sup>3</sup>

El concepto de *momentum* tecnológico sugiere explicaciones interesantes de fenómenos que se han asociado al cambio tecnológico. Por una parte, busca dar cuenta de la “percepción” del determinismo tecnológico, es decir, la experiencia que tenemos de la influencia que el cambio tecnológico tiene en nuestras vidas. Hughes critica al determinismo por la simplicidad de sus explicaciones, pero no elude el acuciante problema que plantea el desarrollo de la tecnología a la capacidad de decisión y organización en las sociedades modernas. Por otra parte, el *momentum* explica por qué conforme los sistemas tecnológicos maduran su peso sobre los componentes del sistema y del ambiente es mayor, lo cual da cuenta de las inercias y de las fuertes restricciones que imponen dichos sistemas sobre una gran variedad de posibles desarrollos.

Como vimos en la primera parte del libro, este tipo de cuestiones constituyen algunas de las más urgentes de un estudio filosófico de la tecnología, pues se refieren a aspectos como la supuesta neutralidad y autonomía de la ciencia y la tecnología, y a su contraparte, la posibilidad de que la tecnología incorpore una mayor participación en la toma de decisiones, que permita introducir valores deseables (o no) para una gran parte de los miembros de una sociedad. Entender a la tecnología como *sistemas* tecnológicos permite dar cuenta de la incorporación de valores, y no sólo de intereses. Por ejemplo, antes de la Primera Guerra Mundial los sistemas de electrificación de la Gran Bretaña eran considerablemente más pequeños que los que se habían desarrollado en Estados Unidos y en Alemania. Esto se consideraba “atrasado”, pero en realidad respondía a una larga tradición británica, en la cual se valora profundamente la toma de decisiones a nivel local. Durante la guerra, sin embargo, muchas decisiones que involucraban a la ciencia y la tecnología (como las concernientes al desarrollo de la aviación y la generación de energía) se tomaron centralizadamente; una vez terminado el conflicto la clase política inglesa comenzó a preguntarse si su triunfo podía deberse, de alguna manera, a la forma de administración y dirección adoptada en ese periodo. Es así como nuevos valores, o al menos una jerarquía modificada de ellos, comenzaron a predominar sobre los valores tradicionales del gobierno local. La

---

<sup>3</sup> Al grado de que las bases de datos genéticas de la Comisión de Energía Nuclear, que posteriormente se transformaron en el Genebank del Departamento de Energía (DOE) son un importante antecesor del Proyecto Genoma Humano que inició formalmente en 1990. Asimismo hay mucha investigación en torno a los orígenes de la biología molecular y la biomedicina que se ha enfocado en el papel de los radioisótopos en la investigación (un buen ejemplo es Creager 2001).

seguridad nacional se puso por encima de los valores establecidos y la transformación tuvo un impacto en el diseño de los nuevos sistemas de electrificación masivos, más parecidos al sistema norteamericano a partir de 1920 (Hughes 1994, pp. 79-80). El ejemplo muestra también que las apariencias de “autonomía” de un sistema (percibidas como *determinismo*) son en todo caso relativas. Pese al *momentum* adquirido durante la segunda mitad del siglo XIX por los sistemas eléctricos británicos, fue posible modificar su *trayectoria* tras una decisiva experiencia histórica y la voluntad política de hacerlo.

## 6.2 LOS PROYECTOS TECNOLÓGICOS DE LA POSGUERRA

Los sistemas tecnológicos de la actualidad (digamos, aquellos que tienen su origen después de la Segunda Guerra Mundial y sobre todo a partir de la década de 1970) poseen una complejidad cada vez mayor. Según Hughes, las principales características de tales sistemas tecnológicos (forma de planeación, diseño, organización y construcción) se generan mediante *proyectos* (aunque más adelante veremos las limitaciones a las que se enfrenta Hughes al ligar la idea de *sistemas* a la de *proyectos*). El Proyecto Manhattan para la construcción de la primera bomba atómica es el ejemplo por excelencia. Los historiadores de la ciencia y la tecnología, pero también los propios científicos, comúnmente se refieren a esta reorganización de la física como *macro ciencia* (*Big Science*), un término que Hughes no utiliza pero al que volveremos debido a su importancia en este campo de estudios.

En algunos de sus trabajos históricos más recientes, Hughes documenta, por ejemplo, el caso del llamado Proyecto Atlas en la década de 1950 en Estados Unidos. Este proyecto produjo el primer misil balístico intercontinental, y al hacerlo modificó tanto a la guerra fría como a la industria aeroespacial, echando mano de una cantidad enorme de recursos. Para darnos una idea, durante la fase más intensa de diseño y desarrollo, el proyecto Atlas involucró a 18,000 científicos, ingenieros y expertos técnicos de universidades e industrias; 70,000 personas en oficinas y fábricas de 22 industrias que participaban activamente; 17 contratistas y 200 subcontratistas con 200,000 proveedores, así como cerca de 500 oficiales del ejército. Tales cifras no sólo nos hablan del tamaño, sino de la *heterogeneidad* de los recursos; no sorprende que de este sistema haya surgido un nuevo modelo de administración conocido como “ingeniería de sistemas” (Hughes 1998, p. 12), el cual ha tenido, a partir de entonces, un gran impacto en el diseño de otros proyectos que requieren una organización compleja. El ejemplo habla de la influencia transformadora que puede llegar a tener un sistema tecnológico en las formas de organización de la investigación, el desarrollo y la producción en general.

La investigación histórica que Thomas Hughes ha llevado a cabo a lo largo de más de tres décadas para fundamentar su perspectiva de la estructura y dinámica de los sistemas tecnológicos es quizás una de las empresas más sobresalientes del campo de los estudios sociales de la tecnología. Más allá de eso, lo importante es la serie de lecciones que pueden sacarse a partir de dicha investigación para una reflexión general de la tecnología. Por ejemplo, respecto a la incorporación de intereses y valores en un sistema tecnológico podemos citar su estudio de caso del proyecto *SAGE* (*Semiautomatic Ground Environment*), originalmente llamado Proyecto Lincoln, cuyo objetivo fue la construcción del primer sistema automatizado de defensa antiaérea de Estados Unidos, en el contexto de los retos –técnicos y políticos– que planteaba la guerra fría. En este caso Hughes documenta la forma en que algunos componentes de un sistema, por ejemplo las universidades, pueden moldear con sus prácticas –originadas en la organización académica de la investigación científica– tanto los contenidos como la dirección y organización del sistema. Veamos.

A partir de 1949 era evidente, para la recién creada Fuerza Aérea de los Estados Unidos,<sup>4</sup> que sus sistemas de defensa antiaérea eran atrasados y no respondían a los retos tecnológicos y políticos del nuevo panorama geopolítico. En particular, tras el ataque de Pearl Harbor, había cambiado la impresión de que Estados Unidos no podían sufrir un ataque aéreo. Para ello se implementó un primer comité, llamado Comité Valley, por el nombre del físico encargado de asuntos de ciencia y desarrollo de la Fuerza Aérea que lo dirigía. Este incluía científicos prominentes del MIT (Massachusetts Institute of Technology), quienes sugirieron la construcción de un *sistema* de defensa automatizado. La palabra “automatizado” tenía un gran impacto y era atractiva en un contexto académico en el que las ideas del teórico de sistemas Norbert Wiener habían ganado enorme popularidad. Wiener planteó por primera vez la posibilidad de usar computadoras no sólo para realizar operaciones matemáticas, sino para el procesamiento de información que se necesita para tomar decisiones en los ámbitos militar, industrial y en otras áreas de la sociedad. El sistema *SAGE*, de hecho, puede verse también como el primer sistema que utilizó computadoras digitales tal y como hoy en día se utilizan en muchas actividades cotidianas.

Una de las figuras más prominentes del proyecto fue el profesor de física del MIT Jerrod Zacharias, un emigrado húngaro cuya concepción de cómo debía resolverse el problema del sistema de defensa se oponía a soluciones meramente “técnicas” y de corto alcance. La perspectiva de sistemas debía ser, según Zacharias, la que

---

<sup>4</sup> La Fuerza Aérea fue creada en 1947, tras su separación como una rama del antiguo Ejército (Army) de Estados Unidos, como resultado de la importancia y el tamaño que ésta había cobrado durante la Segunda Guerra Mundial.

debía guiar los trabajos del entonces llamado Proyecto Lincoln, incluyendo medidas no-militares tales como la distribución de las zonas industriales en el territorio estadounidense. Para ello implementó los “seminarios de verano”, dedicados enteramente a trabajar en el proyecto. Estos concentraban a representantes de la universidad (científicos), ingenieros provenientes de la industria y miembros del ejército en algún sitio alejado, durante cuatro a ocho semanas, lo cual permitía que todos ellos se enfocaran en un solo problema. Muy pronto el primer seminario concluyó que era necesario desarrollar y construir, por primera vez en serie, computadoras digitales. Los distintos aspectos del problema se asignaron a diferentes partes del sistema, pero todos ellos conociendo la manera en que sus proyectos particulares se insertaban en la solución global. Un obstáculo lo constituyó la capacidad de memoria y la velocidad de las computadoras existentes. Jay Forrester, encargado del MIT para este aspecto del proyecto, desarrolló una matriz de memoria de núcleos magnéticos (memoria magnética) y conceptos tales como el RAM (*random access memory*), que constituyen la base de las computadoras actuales. La construcción de las computadoras quedó a cargo de IBM y la decisión de que esta firma fuera la encargada tuvo tanto que ver con la alta calificación técnica de sus ingenieros como con el grado de relación entre sus áreas de investigación y producción; más en general, una ventaja de IBM sobre sus competidoras consistía en sus formas de organización del trabajo y en la voluntad de comprometerse en el proyecto aun antes de contar con la aprobación para hacerlo. Sobra decir que es a partir del proyecto SAGE que IBM adquirió el poderío industrial que llegó a tener hasta la década de 1980.<sup>5</sup>

El proyecto dividía el territorio de Estados Unidos en ocho áreas, con 32 sectores cada una. Cada sector contaba con un centro de dirección equipado con un par de computadoras. Su trabajo consistía en coordinar la información recibida por el sistema de radares, dando seguimiento y respuesta hasta 200 aviones simultáneamente. Otros dos grandes problemas definieron el curso del proyecto tras la solución del problema de la memoria de las computadoras: la necesidad de contar con suficientes programadores y la cada vez más obvia necesidad de coordinar, mediante ingeniería de sistemas, la totalidad del proyecto, que hasta 1956 carecía de una clara “cabeza” directiva. Hasta ese momento los ingenieros dedicados al cómputo se habían concentrado en el desarrollo de “hardware” cada vez más poderoso y veloz. El software, a diferencia de lo que ocurre

---

<sup>5</sup> No debemos pasar por alto, sin embargo, que IBM ya había participado en proyectos gubernamentales, sólo que del nacionalsocialismo alemán, como documenta Edwin Black (2001). En los siguientes años IBM y el MIT se embarcaron en una disputa por las patentes de la memoria magnética que duró hasta 1957, en que el MIT ganó los derechos. Sin embargo, el MIT recibió tan sólo 13 millones de dólares de indemnización,

hoy en día, era considerado secundario y “fácil”. Esta percepción cambió a partir del proyecto SAGE. Se requerían miles de programadores en el proyecto, pero la suma total de ellos en Estados Unidos era de unos cuantos cientos. La capacitación de muchas personas, entre las que destacaban, por sus particulares habilidades, los *teóricos musicales*, fue un paso necesario.

Por otra parte, la ingeniería del sistema, a partir de 1957, se centró en una organización no lucrativa, dependiente de la Fuerza Aérea (llamada MITRE). Esto ocurrió solamente después de que el MIT, que había jugado un papel coordinador central durante todo el proyecto, repentinamente declinó asumirlo. Comprometerse con la ingeniería del sistema, de acuerdo al Director del MIT, implicaría una labor más cercana con los militares de lo que la universidad deseaba, distrayéndola de sus funciones educativas y de investigación científica-tecnológica.

El caso del proyecto SAGE y, en particular, la manera como Hughes elabora algunas de sus consecuencias, revela procesos importantes de los que debe dar cuenta un modelo del cambio científico-tecnológico. En este caso, Hughes enfatiza la importancia de una institución académica, el MIT, como *constructora de sistemas*. Asimismo, hace ver que la transferencia de conocimiento, intereses e incluso valores de la comunidad científica hacia el ámbito militar opera en el contexto de formas concretas de organización del trabajo (como los seminarios de verano) y de estructuras (como los comités), en los cuales se intercambian y traducen las visiones de comunidades heterogéneas, en las que participan también miembros de la industria y de la clase política. En este caso concreto, Hughes resalta la influencia de la cultura científica hacia la clase militar, criticando así la visión simplista y muy difundida de que el aparato militar “utilizó” a los científicos y a las universidades durante la guerra fría.

En sus fases más intensas el proyecto SAGE involucró decenas de miles de personas y decenas de millones de dólares anuales, con lo que adquirió un *momentum* tal que hacía muy difícil detenerlo. Si bien hubo de cambiar drásticamente el ambiente político y armamentista de la década de 1960 para que el proyecto “se dejara morir” (Hughes 1998, p. 65), muchos de sus resultados continúan teniendo un impacto en las formas de vida de la sociedad contemporánea. Los resultados del proyecto pueden interpretarse como una serie de objetos técnicos, capacidades y nuevas formas de organización, más que como un mero sistema armamentista. En este sentido, podemos decir que la sugerencia de Hughes es que el *momentum* tecnológico cambia de dirección, se transforma en impulso a otros sistemas o proyectos, pero que no se pierde.

---

frente a las decenas de millones de dólares de ganancias de la compañía en las siguientes décadas.

### 6.3 LAS LIMITACIONES DEL MODELO DE HUGHES

El modelo de Hughes permite dar cuenta de una variedad de características reconocibles en el desarrollo de sistemas científico-tecnológicos, sobre todo a partir del siglo xx, y que adquiere nuevas características a partir de la Segunda Guerra Mundial, cuando hacen su aparición los grandes proyectos tecnocientíficos, que tienen su origen en la carrera armamentista. Asimismo, permite formular interpretaciones históricas y políticas que retan las interpretaciones comunes; esto es especialmente cierto en su visión de las relaciones entre las universidades (la comunidad científica) y los militares. La tesis de que tanto los civiles como los militares moldearon las decisiones de la guerra fría representa una alternativa a la visión en la cual los científicos fueron “utilizados” por los militares hasta su “despertar” durante la guerra de Vietnam. Su enfoque, sin embargo, no está libre de problemas.

El más importante es el hecho de que existen muchos desarrollos tecnológicos en la sociedad contemporánea que incluyen multitud de factores heterogéneos, pero que no son dirigidos mediante un proyecto orientado a un fin claramente determinado. Uno puede pensar, por ejemplo, en el desarrollo de la biotecnología o de las técnicas de reproducción asistida, de las que ya hemos hablado antes. El tipo de problemas que plantean estos desarrollos tecnológicos y las razones por las que son controversiales, no pueden enmarcarse en la idea de un proyecto delimitado, como la producción de un sistema de defensa antiaérea. Para empezar, en estos casos difícilmente podemos trazar las fronteras del sistema; pero, más importante aún, no podemos reconstruir su historia como el resultado de un plan u objetivo manifiesto (o no manifiesto), como lo es ganar una guerra. Intentar esto último nos conduce a elaborar una narración anacrónica y presentista, en la cual eventos independientes serían forzados a ser vistos como eslabones que nos han “conducido” al estado actual de cosas.<sup>6</sup> Más que una explicación teleológica que asienta la explicación en un fin del sistema, en muchos desarrollos de la tecnología contemporánea se busca explicar el desarrollo a partir de su inserción en intereses y valores de desarrollos alternativos.

---

<sup>6</sup> El campo de la historia de la biología molecular, en especial, se encuentra repleto de trabajos de gran calidad que precisamente cuestionan y hacen ver lo inadecuado de una reconstrucción histórica de las ciencias de la vida experimentales (incluida la biotecnología y las técnicas de reproducción asistida) a lo largo de estas líneas. Ver a la historia molecular como un proyecto “orientado” al descubrimiento de la base material de los genes, o a ésta y a la historia de las técnicas de reproducción como parte de un proyecto “eugenésico” a lo largo del siglo xx, no tiene sentido para los historiadores de estas áreas. En cambio, sí puede documentarse la influencia de factores heterogéneos (pero sin un objetivo común), como los efectos en los cambios de las fuentes de



En este tipo de casos resulta particularmente interesante la comparación, en diferentes sociedades, del desarrollo y la interacción de cuestiones tecnológicas con cuestiones sociales o éticas. El enfoque comparativo permite ver cómo diferentes tipos de organización social (y por lo tanto de valores) inciden en el desarrollo de una trayectoria tecnológica. La historiadora y politóloga Sheila Jasanoff (2005), por ejemplo, ha documentado con estudios comparativos los efectos de la *cultura política* en la manera como se ha desarrollado, regulado e interpretado el desarrollo de la biotecnología y la ingeniería genética. Su análisis se refiere a las distintas maneras en que se han llevado a cabo y resuelto debates en torno a asuntos como el consumo de organismos genéticamente modificados (OGM), la investigación en células madre embrionarias o la fertilización *in vitro* en Alemania, Inglaterra, la Comunidad Europea en su conjunto y Estados Unidos (Jasanoff 2005). Ninguna de las trayectorias que han seguido cada una de estas tecnologías ha sido dirigida por un fin claro y explícito, como los sistemas que elige Hughes. La comparación permite, como lo muestra Jasanoff, ver cómo circunstancias específicas histórica y socialmente particulares (en este caso lo que ella llama cultura política) inciden en la conformación de una trayectoria, y por lo tanto, nos van permitiendo explicar su desarrollo en sociedades particulares. Simultáneamente, vemos de qué manera el desarrollo de esas tecnologías tiene el efecto de moldear a las propias instituciones democráticas en estos países.

La noción de *sistemas* que utiliza Hughes es fructífera siempre y cuando se conecte con la idea de un *proyecto*, esto es, con la posibilidad de contar con objetivos definidos, como la construcción de un sistema de defensa antiaérea o de un misil intercontinental. En relación con esto, vale la pena resaltar algunas de las características de los *proyectos* tecnológicos de la posguerra que dan cuenta de los alcances y las limitaciones del modelo de Hughes. Tales características son manifiestas en la siguiente cita de Simon Ramo, uno de los principales líderes del proyecto Atlas,<sup>7</sup> respecto a la ingeniería de sistemas:

La ingeniería de sistemas es el diseño del todo como algo distinto del diseño de las partes. La ingeniería de sistemas es inherentemente interdisciplinaria,

---

financiamiento, las relaciones entre disciplinas, el papel del desarrollo tecnológico, las características de las comunidades, el desarrollo de los sistemas de salud pública en la posguerra, los movimientos de liberación sexual o incluso la doctrina de la eugenesia, como factores que han moldeado y han sido moldeados por el desarrollo de la biología experimental en el siglo xx (para ejemplos clásicos véase Abir-Am 1982, Kay 1993, Kay 2002, Creager 2001, Chadarevian 2004).

<sup>7</sup> Ramo era graduado de ingeniería del Cal Tech, trabajó varios años en Hughes Aircraft y fundó, junto con Dean Wooldridge, una importante corporación que formó

porque su función es integrar las piezas separadas y especializadas de un complejo aparato y la gente –el sistema– en un arreglo armónico que alcance óptimamente el fin deseado. (Hughes 1998, p. 69)

Los estudios de caso seleccionados por Hughes se ajustan a este patrón de desarrollo tecnológico, en donde es posible descomponer un problema en sus partes, asignando cada una a comunidades heterogéneas (los físicos, la industria, los militares o los expertos en cómputo y sucesivamente; dentro de los expertos en cómputo, aquellos encargados del *hardware* y aquéllos que desarrollan el *software*, etc.). En este caso es relativamente sencillo reconstruir (una vez que se abren al público los archivos clasificados) el orden, temporalidad y detalles del proceso de construcción del sistema. Muchas veces, incluso, es posible documentar las visiones antagonistas respecto a la solución de un problema, así como el origen de una determinada característica del sistema, que puede responder claramente a los intereses manifiestos de un sector de los actores. Una reconstrucción de este tipo es prácticamente imposible de llevarse a cabo al trazar la historia de sistemas no guiados por proyectos, como los que ya hemos mencionado de la ingeniería genética o las técnicas de reproducción asistida.

El patrón que siguen los casos documentados por Hughes ha sido descrito ampliamente desde otras perspectivas históricas, bajo el nombre de macrociencia (*Big Science*), un término que –al igual que “proyecto” y “sistema”– es ampliamente utilizado por los científicos y tecnólogos mismos, así como por otros actores, incluidas agencias gubernamentales. Con *macrociencia* se describe un tipo de ciencia que se empieza a promover a mediados del siglo pasado y que se distingue por su gran complejidad y velocidad de crecimiento y la relación estrecha que establece entre ciencia y tecnología. Dentro de sus características básicas se encuentra un cambio en las fuentes de financiamiento (de las sociedades filantrópicas y la industria a las fuentes gubernamentales) y en su magnitud (hablamos de proyectos que requieren millones o billones de dólares). Este tipo de investigación involucra un número enorme de científicos, ingenieros y técnicos participantes (cientos e incluso miles de ellos) trabajando en un nuevo tipo de lugar: el laboratorio “nacional”, creado y mantenido con recursos del gobierno (por ejemplo, Los Alamos National Laboratory en Estados Unidos o el CERN en Europa) y manejado con una gran influencia de instituciones

---

parte del llamado “Teapot Committee” del Proyecto Atlas. Su misión se centraba fundamentalmente en la organización y en la presentación de información relevante para los trabajos del proyecto, consultando además a científicos externos y a miembros de la industria. Ramo frecuentemente actuaba como jefe o coordinador de ese importante comité (Hughes 1998, pp. 86-88).

universitarias (como el MIT o Caltech, en el caso de Estados Unidos). Los casos reseñados anteriormente y estudiados por Hughes, el proyecto Atlas entre ellos, son muy buenos ejemplos de ese tipo de ciencia. Otros ejemplos de este tipo de tecnología son el ciclotrón del Lawrence Berkeley Laboratory en Estados Unidos o el enorme número de secuenciadores automáticos del Proyecto Genoma Humano, en este caso relativamente “descentralizados” en grandes centros de secuenciación localizados alrededor del mundo. Como lo sugiere Hughes, y como lo dice explícitamente Javier Echeverría (2003), es indudable que ese tipo de ciencia, al que se le da el calificativo de macrociencia, se caracteriza sobre todo por el desarrollo y estabilización de un nuevo tipo de práctica científica.

Ahora bien, si bien es cierto que el término macrociencia se refiere a un tipo de ciencia muy importante y distintivo que surge a mediados del siglo xx, mucha investigación histórica en las últimas décadas sugiere que solamente puede aplicarse a áreas restringidas de la investigación tecnocientífica y, sobre todo, a la actividad científica vista desde una perspectiva “macro”, y que, por lo tanto, no es del todo correcto tratar de entender la dinámica y estructura de la ciencia y tecnología contemporánea sobre la base de este concepto. Tradicionalmente, el término *Big Science* (que se origina con el Proyecto Manhattan) se aplica en ejemplos de la historia de la física y sólo en la última década y media se le encontró una aplicación en las ciencias de la vida, con el desarrollo del Proyecto Genoma Humano (1990-2003).

Curiosamente, uno de los principales argumentos de los biólogos moleculares en contra de dicho proyecto a finales de la década de 1980 consistía en que por entonces era liderado por el Departamento de Energía de Estados Unidos (DOE), dada la experiencia de esta oficina en proyectos de macrociencia. De hecho, los grandes laboratorios nacionales de Estados Unidos (como el mencionado Los Alamos o el Lawrence Berkeley) son manejados en la actualidad por esa agencia gubernamental. La resistencia de prestigiados científicos a trabajar bajo las reglas y las formas de organización que caracterizan a la macrociencia y a las agencias militares fue la causa principal por la que el Proyecto Genoma Humano haya sido puesto en manos del Instituto Nacional de Salud (NIH) de Estados Unidos, una agencia acostumbrada a apoyar un tipo de investigación “no dirigida a un objetivo” (*non goal-oriented research*, como se le llama explícitamente) y a respetar la libertad de los proyectos individuales.

Incluso en casos en los que podemos hablar de desarrollos tecnológicos claramente guiados por un proyecto, hay muchas cosas que quedan sin explicarse en el modelo de Hughes, y en general, en modelos que tienden a reducir a la ciencia contemporánea bajo la rúbrica de “macrociencia”. Una de esas cuestiones es el papel de las diferentes fuerzas “externas” en el proyecto. Por ejemplo, en sus estudios de caso del Proyecto Atlas o del sistema de defensa SAGE, solamente de vez en cuando Hughes se

refiere a la carrera armamentista y prácticamente no menciona los desarrollos paralelos de los soviéticos en estos campos, los cuales ocurrían de manera casi simultánea. Esto plantea varias preguntas a su narrativa. Por un lado, es claro que los rusos no alcanzaron sus objetivos a través del mismo tipo de organización (es relativamente fácil imaginar que el papel de comités y tradiciones académicas haya jugado un lugar menos preponderante que en Estados Unidos, y claramente la industria, como un agente privado, simplemente no existía). Sea como sea que los soviéticos hayan desarrollado sus misiles o sus sistemas de defensa, lo hicieron de manera diferente a la que Hughes describe.<sup>8</sup>

Lo que debilita algunas de las conclusiones de Hughes es su falta de reflexión del grado en el cual los intereses y los valores de la comunidad científica afectan o moldean el objetivo o producto final. Lo que parece haber sido definitorio en la consecución de los proyectos militares que él describe es la capacidad de concentrar una gran cantidad de recursos, poniéndolos disponibles para la obtención de un objetivo. Los soviéticos lo hicieron de una manera, los norteamericanos de otra, pero resaltar un tipo de organización (como la de los comités académico-industrial-militares en Estados Unidos) como factor explicativo pierde fuerza si los soviéticos llegaron a resultados similares por otro camino. En todo caso, lo que es claro es que incluso en estos casos de ciencia dirigida a un objetivo se ve la importancia de retomar el método comparativo para dar cuenta de muchos aspectos del cambio tecnológico. Ello no es trivial y tiene consecuencias para el tipo de factores heterogéneos que incluye o excluye un historiador en sus recuentos. Hughes pretende explicar un desarrollo muy importante sin involucrar, por ejemplo, factores tales como el crecimiento de la economía, o la conformación de estructuras de poder y de valores políticos (la cultura política) en una determinada sociedad. Esto es algo preocupante, ciertamente; en especial si tomamos en cuenta la naturaleza de sus ejemplos. Al hacerlo deja de lado, por ejemplo, cuestiones tan centrales a esta parte de la historia de la tecnología, como el papel de toda la discusión y planteamientos políticos propios de la época de la guerra fría.

Y si tomamos otros ejemplos de *Big Science* más recientes, este tipo de cuestiones surgen todavía con más fuerza. Tomemos como ejemplo el caso del proyecto tecnológico dirigido a la construcción del Airbus en la Comunidad Europea. Una reconstrucción centrada en el concepto de sistema tecnológico simplemente no es suficiente. Mu-

---

<sup>8</sup> Si bien puede argumentarse que fue esa carencia de participación abierta de diferentes comunidades lo que a la larga generó el relativo atraso o desventaja en los sistemas tecnológicos soviéticos. Asimismo puede aludirse al papel del espionaje industrial y militar en la adquisición de conocimientos. Lo que es innegable es que el desarrollo de tales sistemas ocurrió de manera distinta, con fuerzas y factores operantes distintos en cada bloque.

cho de la manera como se ha ido conformando la trayectoria tecnológica de un avión de enormes dimensiones como el Airbus (incluso tomando esto como el objetivo) no puede entenderse si no se toma en cuenta la competencia con la empresa norteamericana Boeing, y sobre todo la importancia que en la comunidad europea se le otorga al desarrollo de tecnologías propias. Se considera que esto último generará una “derrama” tecnológica que impactará en la posibilidad de desarrollar tecnología de punta en muchas otras áreas, incluso lejos de la industria aeronáutica.

Si esto se reconoce, entonces la identificación de un objetivo preeminente asociado con un proyecto tecnológico, como lo plantea Hughes, y como se requiere para el tipo de explicaciones teleológicas centradas en sistemas tecnológicos, no puede verse sino simplista. Uno puede decir que en el caso del Airbus, por ejemplo, el objetivo es la construcción de un avión, pero sería engañoso. Uno de los objetivos centrales que motivó la alianza de los países europeos y que promovió el proyecto es el desarrollo de tecnología que posteriormente tendrá otros usos y que, por lo tanto, se espera que promueva el desarrollo tecnológico en otras áreas. Pero también es claro que aquí la motivación tiene que ver con modelos económicos y con política de integración europea (tecnológica y financiera), en particular. Asimismo, el compromiso con el proyecto del Airbus tiene que ver con el establecimiento de procedimientos que buscan plasmar en organizaciones industriales los equilibrios de poder que se considera son requeridos para el desarrollo de la comunidad europea como un bloque económico.

El proyecto del Airbus, por ejemplo, promueve el establecimiento de estándares, y por lo tanto, la posibilidad de integración de recursos en aplicaciones potenciales diversas que puede que ni siquiera sean previsibles hoy día. Esto se traduce (de acuerdo a modelos económicos aceptados) en eficiencias globales que finalmente se espera se traducirán en una Europa más eficiente y en mejor situación para competir en el contexto contemporáneo en el que los estándares que permiten la integración de recursos generalmente están patentados. Hay muchos otros objetivos relacionados, que fueron y siguen siendo discutidos, que forman parte importante del proyecto, pero lo que no puede decirse, como parte de una explicación del desarrollo tecnológico europeo, es que el objetivo del proyecto Airbus sea la producción de un avión. Esto puede ser útil en la propaganda oficial, pero está lejos de ser la manera como los promotores centrales del proyecto europeo ven el proyecto.

En resumen. El trabajo de Thomas Hughes representa uno de los principales esfuerzos por apelar a factores contextuales y heterogéneos con una incidencia crucial en el desarrollo de los sistemas tecnológicos, al tiempo que busca dar cuenta de procesos macrohistóricos, como el de las tendencias de desarrollo de un proyecto o el ímpetu de un sistema tecnológico que se percibe como autonomía. Pero si bien nos hemos referido ampliamente a las limitaciones del enfoque de Hugues (su restricción a proyectos

orientados a un fin y su ingenuidad política), nos interesa destacar la naturaleza profundamente histórica de sus narrativas, lo cual constituye a nuestro juicio su principal aportación. En sus reconstrucciones, los sistemas tecnológicos evolucionan, pasan por distintas etapas y momentos en los que diferentes factores adquieren o pierden importancia, y en los que la incidencia de un mayor número de actores es más probable que en otras. La historicidad del enfoque de Hughes abre una puerta para la reflexión acerca de los momentos en que es posible una mayor participación de distintos actores sociales en las decisiones que conciernen el desarrollo tecnológico.