

más marcada, mientras que en Estados Unidos se impondrá un carácter más pragmático y activista. Estas diferencias dependen, por lo menos en parte, de las diferencias en la cultura política y académica que se dan a ambos lados del Atlántico.

POLÍTICA Y EDUCACIÓN. Otros importantes antecedentes para explicar la respuesta institucional a la inquietud pública sobre ciencia y tecnología están relacionados con el intento de reformar la política científico-tecnológica y la educación de las ciencias (de modo que se optimicen los impactos sociales de la tecnología y se eviten las tensiones ciencia-sociedad). En el primer caso, el libro seminal de Derek de Solla Price (1963) plantea la necesidad de desarrollar una «ciencia de la ciencia» como base para una política científica racional. En el segundo, la famosa conferencia Rede pronunciada en 1959 por Charles P. Snow (1964) actúa de disparador para el desarrollo de una reforma de la educación de las ciencias. (Véanse, respectivamente, los capítulos 10 y 12; así como Edge, 1995.)

ACTIVISMO SOCIAL Y CONSOLIDACIÓN INSTITUCIONAL DEL MOVIMIENTO CTS: 1945-1995

Las consideraciones anteriores pueden ilustrarse en el siguiente resumen cronológico de la historia social del movimiento CTS durante el último medio siglo. (En esta cronología hemos seguido las contribuciones de D. Edge, E. F. Keller, A. Elzinga y A. Jamison a Jasanoff *et al.*, 1995; así como Sánchez Ron, 1995. La base de la misma y los datos fundamentales proceden de Mitcham, 1994.)

Identificaremos tres períodos en la historia social del movimiento CTS en los países occidentales y especialmente Estados Unidos:

1. *Optimismo.* En el primero, desde las postrimerías de la Segunda Guerra Mundial hasta 1955 (con el manifiesto de Russell y Einstein sobre la responsabilidad social de la ciencia), discurre una década optimista de demostración del poder de la ciencia y la tecnología, de firme convicción en el modelo unidireccional de progreso y de apoyo público incondicional a la ciencia-tecnología.

2. *Alerta.* En el segundo período, desde mediados de los cincuenta hasta 1968 (*i.e.* desde el lanzamiento del *Sputnik* y el primer accidente nuclear grave hasta el cenit del movimiento contracultural y de revueltas contra la guerra de Vietnam), comienzan a salir a la luz pública los primeros grandes desastres producidos por una tecnología fuera de control. Los movimientos sociales y políticos de

lucha contra el sistema hacen de la tecnología moderna y del estado tecnocrático el blanco de su lucha.

3. *Reacción.* El tercer período, desde 1969 hasta el presente, describe la consolidación educativa y administrativa del movimiento CTS como respuesta académica, educativa y política a la sensibilización social sobre los problemas relacionados con la tecnología y el ambiente. Es el momento de la revisión y corrección del modelo unidireccional de progreso como base para el diseño de la política científico-tecnológica.

- 1945 • Primera explosión atómica de prueba en EEUU (16 de julio, Nuevo México).
- Poco antes de finalizar la guerra (en 1944), el presidente Roosevelt encarga a Vannevar Bush el conocido informe *Science — The Endless Frontier* (julio, 1945), un científico activamente involucrado en el esfuerzo de la guerra. En este informe, que traza las líneas maestras de la futura política científico-tecnológica norteamericana, se enfatiza el modelo lineal de desarrollo (la riqueza y el bienestar nacional dependen de la financiación de la ciencia básica) y la necesidad de mantener la autonomía de la ciencia para que el modelo funcione. La ciencia, que estaba ayudando decisivamente a ganar la guerra mundial, ayudaría también a ganar la guerra fría. Los estados desarrollados, siguiendo el ejemplo de EEUU, se implicarán activamente en el desarrollo científico-tecnológico.
- Explosiones atómicas en Hiroshima (6 de agosto) y Nagasaki (9 de agosto), con un total de más de 100.000 muertos inmediatos.
- Publicación del primer número del *Bulletin of the Atomic Scientists* «para explorar, clarificar y formular la opinión y posibilidades de los científicos con respecto a los problemas producidos por la energía nuclear».
- 1946 • Primer ordenador electrónico (*Electronic Numerical Integrator and Computer* — ENIAC), con el que se inicia la discusión pública sobre la posibilidad de inteligencia artificial.
- 1949 • La Unión Soviética prueba su primera bomba atómica; a la que siguen el Reino Unido (1952), Francia (1960), China (1964) y otros países.
- 1950 • Primer trasplante de riñón; al que siguen trasplantes de hígado (1963), pulmón (1964), etc.
- 1951 • Primera explosión de prueba de una bomba de hidrógeno en EEUU; a la que siguen otras en la Unión Soviética (1952) y otros países.
- Como respuesta a la explosión atómica convencional de la URSS y de la guerra de Corea, comienza a crecer notablemente el presupuesto I+D del Departamento de Defensa norteamericano.

- 1953 • James Watson y Francis Crick proponen el modelo de doble hélice para la estructura del ADN; un descubrimiento que estará a la base del posterior desarrollo de la ingeniería genética.
- 1954 • Primer submarino nuclear: el *USS Nautilus*; al que sigue el primer transporte aéreo nuclear: el *USS Enterprise* (1960). Se constituye oficialmente el *Centre Européen de la Recherche Nucléaire* (CERN) instalado en Suiza, como respuesta europea a la carrera internacional en investigación nuclear.
- 1955 • Producción comercial de electricidad por una central nuclear (utilizando el modelo de reactor desarrollado por la Armada norteamericana).
- Invencción de la píldora anticonceptiva.
- Bertrand Russell y Albert Einstein hacen público un manifiesto pidiendo a los científicos una mayor implicación en política. Este desafío es respondido dos años después mediante la organización de una serie de congresos sobre *Science and World Affairs* en Pugwash, Nova Scotia, EEUU (conocidos más tarde como las *Pugwash Conferences*).
- 1957 • La Unión Soviética lanza el *Sputnik I*, el primer satélite artificial alrededor de la tierra. Causó una convulsión social, política y educativa en EEUU y otros países occidentales. En EEUU el presupuesto I+D se incrementará anualmente en un 15 % hasta mediados de los sesenta. La ciencia comienza a ser concebida como un factor productivo a la par con el trabajo y el capital.
- El reactor nuclear de Windscale, Inglaterra, sufre un grave accidente, creando una nube radiactiva que se desplaza atravesando Europa occidental.
- Explota cerca de los Urales el depósito nuclear Kyshtym, contaminando una gran extensión circundante.
- 1958 • Se crea la *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), como una de las consecuencias del *Sputnik*. Más tarde, se creará la *European Space Research Organization* (ESRO), precursora de la Agencia Espacial Europea (ESA), como respuesta del viejo continente.
- 1959 • Conferencia Rede de C. P. Snow, donde se denuncia el abismo entre las culturas humanística y científico-técnica.
- 60s • Desarrollo del movimiento contracultural, donde la lucha política contra el sistema vincula su protesta de un modo u otro con la tecnología. Ejemplo: Roszak (1968).
- Comienza a desarrollarse el movimiento pro tecnología alternativa, en el que se reclaman tecnologías amables a la medida del ser humano y se promueve la lucha contra el estado tecnocrático. Este movimiento se consolidará en los setenta. Ejemplo: Dickson (1973).
- 1960 • Invencción del láser.
- 1961 • Yuri Gagarin se convierte en el primer ser humano en el espacio.

- La talidomida es prohibida en Europa después de causar más de 2.500 defectos de nacimiento.
- 1962 • El *Mariner 2* (EEUU) se convierte en la primera nave espacial en explorar otro planeta (Venus). Durante las siguientes décadas seguirá la saga de los *Mariner*, *Pioneer*, *Voyager* y la sonda *Galileo*.
- Publicación de *Silent Spring*, por Rachel Carson. Desencadena una avalancha de publicaciones sobre el deterioro del medio que llegan al gran público.
- 1963 • Tratado de limitación de pruebas nucleares.
- Se hunde el submarino nuclear *USS Thresher*, y es seguido por el *USS Scorpion* (1968), así como por al menos tres submarinos nucleares soviéticos (1970, 1983 y 1986).
- 1964 • IBM concede una ayuda de 10 millones de dólares al *Program on Technology and Society* de la Universidad de Harvard (que desaparece en 1972 por problemas internos de política académica). Entre los temas de investigación de este programa, se encuentran: tecnología y economía, innovación biomédica, cambio tecnológico, tecnología y educación, e información tecnológica y política.
- 1966 • Se estrella un B-52 con cuatro bombas de hidrógeno cerca de Palomares (Almería), contaminando una amplia zona con radiactividad.
- Movimiento de oposición a la propuesta de crear un banco de datos nacional en EEUU por parte de profesionales de la informática sobre la base de motivos éticos y políticos.
- 1967 • El petrolero *Torrey Canyon* sufre un accidente y vierte una gran cantidad de petróleo en las playas del sur de Inglaterra. La contaminación por petróleo se convierte desde entonces en algo común en todo el mundo; entre los desastres más recientes se encuentran el producido por el petrolero *Exxon Valdez* en Alaska (1989) y la grave pérdida de petróleo en la tundra ártica por oleoductos rotos en el norte de Rusia (1994).
- 1968 • El papa Pablo VI hace público el rechazo a la contracepción artificial en *Humanae vitae*.
- Graves revueltas en EEUU contra la guerra de Vietnam (que, en el caso de la participación norteamericana, incluyó sofisticados métodos bélicos como el uso del *napalm*).
- Mayo del 68 en Europa y EEUU: protesta generalizada anti-sistema.
- 1969 • Neil Armstrong pone su pie en la Luna.
- Se funda Greenpeace.
- El congreso norteamericano crea la *Environmental Protection Agency* (EPA), a la que seguirán otras oficinas gubernamentales como la *Occupational Safety and Health Administration* (1970) y la *Nuclear Regulatory Commission* (1975).
- Se funda el *Institute of Society, Ethics, and the Life Sciences* (conocido informalmente como el *Hastings Center*) para pro-

mocionar «la investigación sobre el impacto ético» de los avances «en trasplante de órganos, experimentación humana, diagnóstico prenatal o enfermedad genética, prolongación de la vida, y control de la conducta humana».

- La Universidad del Estado de Pensilvania y la Universidad de Cornell inician programas STS (*Science, Technology and Society* — CTS); a las que siguen la Universidad Carnegie-Mellon con su programa *Engineering and Public Policy* (1970); el programa *Values, Technology, and Society* de la Universidad de Stanford (1971); y una gran cantidad de programas afines en numerosos centros de enseñanza superior. Se constituye *Science for the People*, también conocida como «Acción Política de Científicos e Ingenieros», una organización de científicos marxistas que denuncia la carga ideológica y el uso político de diversas formas de ciencia, especialmente en biología y psicología. Autores bien conocidos en este movimiento son R. Lewontin y L. Kamin.
- Tras una polémica social, el congreso norteamericano cancela la financiación del *Concorde* americano y EEUU se retira de la carrera por un avión comercial supersónico. Se funda el Instituto de Ética Kennedy en la Universidad de Georgetown para «ofrecer perspectivas morales sobre las cuestiones políticas principales de nuestro tiempo» con un particular énfasis en la bioética.
- Tres ingenieros que trabajan en un proyecto de transporte rápido en la bahía de San Francisco (BART — *Bay Area Rapid Transit*) son despedidos por criticar la seguridad del sistema automático de control de trenes. Siete meses después un tren se empotra en una estación causando cinco heridos. Por vez primera, las sociedades profesionales de ingenieros defienden el derecho de dar la voz de alerta (*whistle-blowing*) en contra de los intereses de las compañías.
- El *Institute of Electric and Electronic Engineers* (IEEE), la mayor asociación de ingenieros en el mundo, establece un Comité para las Implicaciones Sociales de la Ingeniería.
- El uso del pesticida DDT es prohibido por la EPA.
- El congreso norteamericano establece la *Office of Technology Assessment* (OTA).
- La *National Science Foundation* crea el programa *Ethics and Values in Science and Technology* (EVIST) para financiar investigación CTS.
- El Club de Roma publica *The Limits of Growth*.
- Primer organismo producido por ingeniería genética.
- Crisis energética mundial por el embargo árabe del petróleo. En una reunión de científicos en Asilomar, California, se establece en EEUU una moratoria voluntaria sobre investigación en ingeniería genética.
- Se estrella un DC-10 a las afueras de París por un fallo técnico, al que seguirán otros muchos.

- La factoría química Nypro (Flixborough, Reino Unido) estalla causando la muerte de 28 trabajadores; a la que seguirán la planta química de Seveso (Italia) en 1976, y la planta de Union Carbide en Bhopal (India) en 1984. El accidente de Bhopal, considerada la mayor catástrofe industrial de la historia, produjo casi 7.000 muertes confirmadas y alrededor de 800.000 afectados.
- Tres destacados ingenieros de *General Electric*, proveedor de armas y centrales nucleares en EEUU (además de frigoríficos y sofisticada maquinaria médica), abandonan la compañía en protesta por los peligros de la energía nuclear. La organización INFACCT promoverá posteriormente un boicot público contra la compañía, acusándola de haber silenciado, con la complicidad del gobierno federal, un gran número de muertes por radiación y polución química entre sus trabajadores y la población circundante de algunas factorías.
- El satélite soviético *Cosmos 954*, con reactor nuclear incluido, se desintegra sobre el norte de Canadá.
- Primer bebé probeta: la niña Louise Brown (Reino Unido), a la que seguirán otras muchas mediante tecnología FIVYTE.
- Los tres ingenieros despedidos de BART reciben el primer Premio IEEE por «servicio destacado al interés público».
- Fusión parcial del reactor nuclear en *Three-Mile Island*.
- Un fallo en el sistema informático del cuartel general del *North America Air Defense Command* coloca al ejército norteamericano en alerta roja.
- Formación de *Earth First!*, un movimiento ecologista radical en EEUU que comienza con la práctica del ecosabotaje.
- Implantación del primer corazón artificial.
- Se autoriza en EEUU y el Reino Unido la venta de insulina producida por ingeniería genética (para el tratamiento de la diabetes humana).
- La *National Science Teachers Association* (NSTA) y el *Science Education Center* de la Universidad de Iowa introducen la enseñanza de las ciencias con orientación CTS, así como programas de formación de profesores, en centros educativos de enseñanza secundaria en el Estado de Iowa, donde comienza a extenderse en EEUU.
- Irrumpe el sabotaje informático por piratas informáticos adolescentes.
- Se publica el libro de E. F. Keller *A Feeling for the Organism*: la ciencia se consolida como objeto de atención crítica por el movimiento feminista.
- Científicos británicos denuncian la constante reducción de la capa de ozono sobre la Antártida desde 1979.
- Explosión de la nave espacial *Challenger* y muerte de los siete astronautas.
- Catástrofe de Chernóbil (Ucrania): nube radiactiva sobre Europa (más de un millón de afectados, 5.000 muertos hasta 1994).

- Gigantesco vertido químico en el Rin.
- Protocolo de Montreal, firmado por 24 países, para restringir la producción de CFCs y detener la destrucción de la capa de ozono.
- Como intento de conciliar las necesidades de desarrollo y protección del medio, el informe *Our Common Future* de la Comisión de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (presidida por Gro Harlem Brundtland) acuña el término «desarrollo sostenible».
- La Oficina de Patentes norteamericana concede el derecho a patentar animales domésticos transgénicos (*i.e.* creados por ingeniería genética), aunque prohíbe patentar seres humanos alterados genéticamente sobre la base de una enmienda antiesclavista de la Constitución (que impide la propiedad de seres humanos).
- Caída del muro de Berlín.
- Se acepta la patente de un ratón transgénico producido por la Universidad de Harvard.
- Se pone en marcha a nivel internacional el Proyecto Genoma Humano, con el propósito de cartografiar y secuenciar el genoma humano completo.
- Lanzamiento del telescopio espacial Hubble, construido por la NASA.
- El gobierno de Irak incendia los pozos petrolíferos de Kuwait causando un grave deterioro ambiental en el golfo Pérsico.
- Cumbre de la Tierra en Río: acuerdo internacional para proteger la biodiversidad.
- Se detiene la financiación en EEUU del ambicioso y carísimo acelerador de partículas que debía construirse en Tejas.
- Tras décadas de guerra fría, el 6 de febrero se produce el primer encuentro en el espacio entre la estación espacial rusa *Mir* y el transbordador norteamericano *Discovery*. Es el primer paso hacia la construcción de una estación internacional espacial permanente a finales de 1997.

Esta historia social es también el resumen de tres períodos en la negociación de las relaciones entre poder y sociedad o, mejor, de la relaciones entre ciencia-tecnología-naturaleza-sociedad. El hecho de que los datos que anteceden provengan fundamentalmente de Estados Unidos tiene una justificación: desde ese país se difunde no sólo la mayor parte de ciencia y tecnología que recibimos en otros lugares, sino también los problemas sociales y culturales relacionados de un modo u otro con la innovación científico-tecnológica.

Aunque los puntos de división de estos períodos son claramente convencionales, no por ello son arbitrarios. Es, por ejemplo, convencional identificar 1957 (con el lanzamiento del Sputnik y el pri-

mer accidente nuclear grave) como punto de inflexión en la imagen pública de la ciencia-tecnología; podríamos haberlo determinado en 1955 (con el manifiesto de Russell y Einstein) o en algún otro momento cercano, pero no en cualquier momento. La segunda mitad de los años cincuenta contempla un cambio sustancial en el modo en que muchos especialistas y el público en general percibe la relación tecnología-sociedad. Por supuesto, también hay excepciones en cada uno de los períodos (como la publicación del *Bulletin of Atomic Scientists* tras Hiroshima), o incluso sonoros antecedentes no recogidos en la cronología (como el hundimiento del *Titanic*), pero éstos, en tanto que hechos aislados, no hacen más que subrayar una tendencia general.