

LA TEORÍA DEL ACTOR-RED Y LA TESIS DE LA TECNOCENCIA

Javier Echeverría

*Fundación Ikerbasque-Universidad del País Vasco
Instituto de Filosofía y Red CTI/CSIC*

Marta I. González

Instituto de Filosofía y Red CTI/CSIC

ABSTRACT: *Actor-network theory and the analysis of technoscience developed by Javier Echeverría (2003) have many features in common, but they also diverge in a number of points. While the analysis of technoscience amounts to the attempt of classifying and characterizing the modalities of contemporary scientific and technological practices, the set of methodological tools of actor-network theory brings to the forefront the disorder hidden behind the ordered image of both contemporary and past technoscience. However, actor-network theory may be useful to describe the complex networks woven by research centres, institutions, universities, and companies, and their products in terms of natural and social order. In this paper, we characterize actor-network theory as well as technoscience and we identify how both, in spite of their differences, might benefit each other.*

KEY WORDS: *Science studies, technoscience, actor-network theory.*

1. TEORÍA DEL ACTOR-RED Y TECNOCENCIA: EL GIRO HACIA LA PRÁCTICA EN LOS ESTUDIOS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

La teoría del actor-red (*actor-network theory* o ANT)¹ se origina en los años setenta y ochenta del pasado siglo XX como un desarrollo en el dinámico panorama de los estudios sociales sobre ciencia y tecnología del momento. La sociología del conocimiento científico de Edimburgo y Bath, la antropología de laboratorio y los nuevos enfoques en historia de la ciencia y la tecnología son el contexto en el que aparecen en París los primeros casos de estudio con la metodología del actor-red. Bruno Latour (1988) y Michel Callon (1986) analizan ejemplos tan variados como Pasteur y las vieiras de la bahía de St. Brieuç para ofrecer las características de lo que John Law (2007)² denomina la versión ortodoxa de ANT, aquella que se desarrolló fundamentalmente durante los años noventa.

ACTOR-NETWORK THEORY AND THE THESIS OF TECHNOCIENCE

RESUMEN: La teoría del actor-red y el análisis de la tecnociencia desarrollado por Javier Echeverría (2003) presentan múltiples puntos comunes, pero también importantes divergencias. Mientras que el análisis de la tecnociencia responde al intento filosófico de clasificar y caracterizar las modalidades de práctica científico-tecnológica contemporánea, el conjunto de herramientas metodológicas de la teoría del actor-red trae al primer plano el desorden oculto tras la ordenada apariencia de la tecnociencia, la contemporánea y la de épocas pasadas. Sin embargo, la teoría del actor-red se muestra útil para describir las complejas redes tejidas por centros de investigación, instituciones, universidades y empresas, y los productos resultantes de las mismas en términos de orden natural y social. En este trabajo caracterizamos someramente tanto la teoría del actor-red como la tecnociencia, para identificar de qué modo ambas, pese a sus diferencias, pueden beneficiarse mutuamente.

PALABRAS CLAVE: Estudios sobre ciencia, tecnociencia, teoría del actor-red.

La revolución en los estudios sobre la ciencia y la tecnología había aparecido ligada al imperativo de buscar la explicación del contenido de la ciencia en su "contexto social". Una ideología política determinada, cierto interés económico o algún arraigado prejuicio eran el tipo de factores que se rastreaban para explicar la génesis y legitimación de las teorías científicas. Para dar cuenta de la construcción de la naturaleza, defendía la revolución constructivista, es necesario apelar a la sociedad. Sin embargo, algunos autores se mostraron insatisfechos con esta "sociología de lo social" y argumentaron que el "contexto social" no tiene una fuerza explicativa real; porque, al contrario de lo que se defendía y practicaba en Edimburgo o en Bath, lo natural y lo social se "coproducen" mutuamente.

Este cambio de rumbo tuvo como influencias, entre otras, el estudio de los sistemas sociotécnicos desarrollado por Thomas Hughes (1983), en el que elementos organizati-

vos, políticos, científicos, tecnológicos... se combinan para conformar la arquitectura de un sistema tecnológico estabilizado; y la etnometodología de Alfred Shutz. El análisis etnográfico de la ciencia, tal y como lo ensayaron Bruno Latour y Steve Woolgar (1979/1986) no tiene ya ninguna pretensión explicativa, sino tan sólo la de describir la actividad que científicos y tecnólogos desarrollan en sus laboratorios y de la que surge nuestra concepción del "mundo real", natural y social. Los etnometodólogos de la ciencia sostienen que no puede apelarse a intereses, fines y factores sociales en general para dar cuenta de nuestras teorías, porque ellos mismos son también producto, y no causa, de las mismas fuerzas que dan forma a las afirmaciones de conocimiento científico y, por tanto, a la "realidad".

Los estudios de laboratorio, sobre la base de los puntos más provocadores del programa fuerte en sociología del conocimiento científico de David Bloor (1976/1991), simetría y reflexividad, se desarrollaron en varias direcciones. La teoría del actor-red fue una de ellas. El punto de partida es la denuncia de que las prácticas de los sociólogos del conocimiento científico, lejos de adecuarse al principio de la simetría, son profundamente asimétricas. No sólo los sociólogos "tipo Edimburgo" tratan de forma asimétrica la naturaleza y la sociedad, suponiendo a la última como factor causal de la primera, sino que también tratan asimétricamente a los "actores" humanos y no humanos del escenario científico-tecnológico. Todas las dicotomías (naturaleza/sociedad, sujeto/objeto, humano/no humano) son puestas en tela de juicio en un intento de superación de la ideología de la modernidad. La tecnociencia se define como una red cuyos nodos están formados tanto por actores humanos como por actores no humanos (instrumentos, baterías, chips o cualquier otro componente tecnológico, objeto físico o ser vivo). Las consecuencias de esta definición se exploran a través del análisis de cómo se forman y se sostienen tales redes. Según este enfoque, tanto los desarrollos científicos como los tecnológicos pueden ser analizados en términos de luchas entre diferentes actores para imponer su definición del problema a resolver (Latour, 1987; Callon, 1987).

Aunque hasta el momento los sociólogos se habían ocupado de la ciencia y la tecnología como fenómenos relativamente independientes (aunque susceptibles en ocasiones de ser analizados con el mismo tipo de instrumentos metodológicos), Latour utiliza explícitamente la noción de

tecnociencia para describir "todos los elementos vinculados a contenidos científicos, sin que importe lo sucios, inesperados o extraños que parezcan" (1983: 168), tratando de subrayar la multiplicidad de elementos y actores que concurren en la conformación del producto ("la ciencia y la tecnología") y criticando la distinción interno/externo. Muchos otros autores utilizan también la expresión "tecnociencia" para insistir en la íntima relación entre la ciencia y la tecnología, y justificar un tratamiento conjunto, especialmente si se ocupan de la ciencia y la tecnología contemporáneas. En particular, Javier Echeverría (2003) ha desarrollado con detalle el concepto de "tecnociencia", oponiéndose a la idea latouriana de que toda ciencia es tecnociencia y reservando la denominación para la evolución que tiene lugar a partir de los años ochenta del siglo XX de la macrociencia (*Big Science*) que se había instaurado al finalizar la Segunda Guerra Mundial. La macrociencia surgida en la guerra fría, caracterizada por una profunda simbiosis entre ciencia y tecnología, el establecimiento de la política científica y la financiación gubernamental, se convertirá en el último cuarto de siglo en tecnociencia, gracias a las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones y al mayor papel de las empresas privadas en la promoción de la I+D+i.

Las propuestas de Echeverría y la teoría del actor-red confluyen en su especial atención a la práctica científica. El programa fuerte y los primeros enfoques en sociología del conocimiento científico se centraron en el estudio de los factores sociales que influyen en la construcción del conocimiento, y en cierta manera lo determinan, pero se interesaron menos por el estudio de la práctica científica, al menos en su primera época. En los años noventa, algunos historiadores, filósofos y sociólogos de la ciencia, como Hacking, Franklin, Galison o Pickering, comenzaron a ocuparse de la actividad científica sin reducirla a la construcción de conocimiento. Cabe decir que en los últimos años se ha producido un *giro hacia la práctica* en los estudios de ciencia y tecnología, de modo que, aparte del conocimiento, la praxis científica y tecnológica se ha convertido en un objeto de estudio igualmente relevante. En este giro hacia la práctica se encuadra también la teoría del actor-red, cuya primera norma metodológica fue la de seguir a los científicos e ingenieros en sus prácticas cotidianas.

Otra novedad radical de la concepción praxiológica, compartida por la teoría del actor-red, es la de afirmar que la

ciencia no sólo se hace en los laboratorios, sino en otros muchos ámbitos. Además de investigar, los científicos contemporáneos conforman equipos, gestionan recursos humanos, económicos y tecnológicos, presentan proyectos en convocatorias competitivas, buscan financiación, intentan tener un poder institucional, tejen redes internacionales, forman nuevos investigadores, difunden los resultados que obtienen, tratan de incrementar los factores de impacto de sus publicaciones, hacen *lobby* en los despachos y comisiones donde se toman las decisiones de política científica, elaboran informes como expertos, etc. Restringir la ciencia contemporánea a la actividad investigadora en los laboratorios implica prescindir de otros muchos escenarios en los que se construyen redes de actores, y a los que también la teoría del actor-red ha prestado atención. Los estudios de la práctica científica, a diferencia de los estudios sociales centrados en el conocimiento, tienen en cuenta redes de actores mucho más amplias y complejas, en las que no sólo hay científicos que investigan e instrumentos de investigación, sino también financiadores, inversores, gerentes, gestores, técnicos, evaluadores, administradores, burócratas, divulgadores, periodistas científicos, diseñadores de imagen, expertos en *marketing*, asesores jurídicos para gestionar las patentes y, en su caso, pleitear por la propiedad intelectual del conocimiento, etc., así como múltiples instrumentos de gestión y evaluación, que también forman parte de la actividad científica. En suma: los estudios de la práctica científica se ocupan de un ámbito mucho más amplio y complejo que los estudios de ciencia y tecnología centrados en el conocimiento. Todo ello ha dado lugar a nuevas concepciones de la tecnociencia, en las que se subrayan los aspectos praxiológicos, más que los puramente epistémicos o cognitivos.

Pese a sus puntos comunes, tratar de articular el trabajo sobre la tecnociencia contemporánea con la teoría del actor-red es una empresa arriesgada, aunque la recompensa puede ser importante. Mientras que la idea de tecnociencia, tal y como ha sido desarrollada por Echeverría (2003), responde al intento filosófico de clasificar y caracterizar las modalidades de práctica científico-tecnológica contemporánea, el conjunto de herramientas metodológicas de la teoría del actor-red trae al primer plano el desorden oculto tras la ordenada apariencia de la tecnociencia, la contemporánea y la de épocas pasadas. Sin embargo, al analizar la tecnociencia contemporánea, en el sentido de Echeverría, la teoría del actor-red ha de mostrarse nece-

sariamente útil para describir las complejas redes tejidas por centros de investigación, instituciones, universidades y empresas, y los productos resultantes de las mismas en términos de orden natural y social.

A continuación nos ocuparemos de caracterizar someramente tanto la teoría del actor-red como la tecnociencia, para terminar identificando de qué modo ambas direcciones de investigación, aun cuando presentan importantes divergencias, pueden beneficiarse mutuamente.

2. TEORÍA DEL ACTOR-RED

La teoría del actor-red es uno de los enfoques más novedosos y de más éxito en los estudios sobre ciencia y tecnología desarrollados en el último cuarto del siglo XX. Intentar caracterizarla no puede hacerse sino traicionándola ya que, si algo hemos aprendido de la sociología de la ciencia de los últimos treinta años es que toda representación traiciona su objeto, de tal modo que toda representación de la teoría del actor-red no puede ser sino una traducción, al igual que toda representación de la ciencia y que el proceso mismo de la ciencia en acción. Sucede, además, que la teoría del actor-red es altamente maleable, revisable y tiene una gran capacidad de transformación, con lo que proponerse ofrecer un panorama definitivo de la misma es una tarea destinada desde el comienzo al fracaso. Los intentos de caracterización de sus propios protagonistas resultan erráticos. John Law (2003) entiende que la mejor forma de hacer justicia a una exposición de la teoría del actor-red es a través de ejemplos, pero más adelante se encuentra preparado para ofrecer una definición amplia: "la teoría del actor-red es una familia diversa de herramientas semiótico-materiales, sensibilidades y métodos de análisis que tratan todos los elementos de los mundos naturales y sociales como un efecto, generado permanentemente, de las redes de relaciones dentro de las que están ubicados" (Law, 2007). Por su parte, Bruno Latour estaba dispuesto en 1999 a deshacerse de la propia denominación de la teoría, pero termina por volver a reivindicarla de forma entusiasta recientemente (2005: 9). De algún modo, los proponentes mismos de ANT han participado en su extraordinaria evolución y han observado las transformaciones promovidas por otros, y en ese camino han dudado sobre la posibilidad de mantener la etiqueta para designar una teoría

homogénea para optar finalmente por preservarla, pero no para designar una teoría homogénea, sino un enfoque, una sensibilidad, un conjunto de principios metodológicos compartidos.

Quizá un intento de reunir las notas características de la teoría del actor-red, al menos en su versión más ortodoxa de los años noventa, debería recoger las siguientes:

- ANT no se trata de una teoría explicativa, sino descriptiva;
- el mundo natural y social son el producto de redes de relaciones entre actores;
- estos actores son tanto humanos como no humanos;

Frente a la sociología tradicional, que Latour llama "sociología de lo social", ANT es una "sociología de las asociaciones" (Latour, 2005: 9), que cuenta historias sobre cómo se originan, evolucionan y terminan las relaciones entre actores. De hecho, cuando los científicos añaden el adjetivo "social" a algún fenómeno, están designando un estado de cosas estabilizado. Por lo tanto, las explicaciones en términos de "factores sociales" de, por ejemplo, una teoría científica o un sistema tecnocientífico, no explican realmente nada, y más bien ocultan los procesos a través de los cuales los diferentes actores y sus asociaciones han logrado la estabilización de una red. ANT aborda esta tarea sin pretender que sea posible identificar factores explicativos y productos explicados. Su estrategia metodológica es la descripción de la dinámica de formación y estabilización de redes formadas por actores heterogéneos.

Y es precisamente en la conceptualización y el tratamiento de los actores donde ANT introduce una de sus mayores novedades: un actor no es un individuo (o una colectividad de ellos). El actor se define más bien por los efectos de sus acciones, de tal manera que un actor es cualquier elemento con el poder de "actuar" sobre otros, ya sea un científico, un ingeniero, un político o un líder de un movimiento social, pero también una vieira, un barco, una bacteria, una rata de laboratorio, la bisagra de una puerta o un badén colocado en la carretera para que los coches aminoren su velocidad. Frente a las teorizaciones habituales en ciencias sociales, ANT se caracteriza por una radical indeterminación de los actores (Callon, 1998). Un actor puede ser individual o colectivo, humano o no humano, puede enrolar o dejarse enrolar y si algo no está previamente definido,

son sus intenciones y sus intereses. Mientras la negativa de los teóricos del *act-red* a ofrecer una definición de actor ha recibido a menudo la acusación de relativismo, al abrir de este modo la noción de actor, ANT recupera de una forma muy enfática la materialidad perdida en otros enfoques recientes en sociología del conocimiento científico, y éste es uno de los principales puntos de conflicto con ellos. Donde se apelaba a los intereses humanos para dar cuenta del modelado social de teorías y artefactos, los teóricos del actor-red narran de qué modo los diferentes actores (humanos y no humanos) van conformándose mutuamente, definiendo y redefiniendo sus intereses en la interacción a través de procesos de traducción, "enrolamiento" y movilización, y obteniendo como producto la estabilización, siempre precaria, de una red. De esta manera, ni siquiera los actores están predeterminados antes de que la red comience a funcionar (Callon, 1986, Law, 2007).

Dado que la teoría del actor-red está más interesada en los "cómos" que en los "porqués", su fuerza no radica tanto en las exposiciones teóricas que pretenden resumirla o mostrarla, y que son tan diversas como sus propios autores, sino en su puesta en práctica a través de casos de estudio. De hecho, todos los intentos de caracterizar ANT no son sino ejercicios de seguir a los diferentes autores a través de sus análisis de casos, del mismo modo que los propios teóricos del actor-red siguen a sus actores a través de los movimientos en los que se establecen relaciones entre ellos.

A través de los casos de estudio es también posible rastrear la evolución de ANT en los últimos años. Con la entrada del siglo XXI, diferentes autores comienzan a aplicar la teoría del actor-red de forma heterodoxa a sus casos de estudio manteniendo, sin embargo, los principios metodológicos básicos. En general, lo que John Law (2007) denomina la "diáspora" de ANT se deriva de una descripción cada vez más compleja de las redes estudiadas. La movilidad y ambivalencia de los actores, la pluralidad ontológica en los hechos construidos y, sobre todo, el énfasis en la performatividad³, marcan los últimos desarrollos de la teoría del actor-red.

Anne Marie Mol (2002), por ejemplo, ha descrito las prácticas de diagnóstico y tratamiento de la arteriosclerosis, concluyendo que las prácticas en diferentes contextos: en la consulta de salud primaria, la sala de radiografía, la de

ecografía o el quirófano, generan realidades diferentes de lo que es la enfermedad, cuya articulación es también una cuestión práctica. De algún modo, las prácticas producen múltiples redes y, por tanto, múltiples realidades. Por su parte, Vicky Singleton y Mike Michael (1993), trabajando sobre el programa británico de prevención del cáncer de útero, han explorado las ambivalencias que tienen los actores respecto a las redes en las que se encuentran implicados: al mismo tiempo que trabajan en su mantenimiento pueden manifestar reticencias sobre las mismas. En ambos casos se ven reflejadas las dificultades de domar el desorden y también queda patente que, en sus propias narraciones, los teóricos del actor-red no describen simplemente la formación de redes tecnocientíficas, sino que con sus prácticas crean nuevas realidades y reinventan la propia teoría.

ANT ha sido duramente criticada desde el propio campo de los estudios de la ciencia. Una de las acusaciones fundamentales es la de la esterilidad, e incluso el peligro de conservadurismo, en este tipo de enfoques. Desestimar la apelación a la sociedad en explicaciones causales del cambio científico podría convertir esta clase de estudios sociales en un ejercicio académico de salón tan insatisfactorio como las concepciones filosóficas y sociológicas clásicas que pretenden sustituir. Si bien estos autores sostienen que la tecnociencia y la política son indistinguibles, tal revelación podría no tener ninguna consecuencia práctica, porque quien posee la verdad es aquél que consigue reunir el suficiente poder para convencer al contrario de que tiene razón. Al abrir la caja negra de la tecnociencia quizá nos llevemos la sorpresa, augurada por Langdon Winner (1993), de encontrarla vacía y, como añadirían Collins y Yearley (1992), encontrarnos a nosotros mismos impotentes. Sin embargo, la teoría del actor-red ha mostrado fructíferas potencialidades en el ámbito político, bien por parte de autores de la "diáspora", bien en los desarrollos más recientes de sus propios fundadores, como Bruno Latour y Michel Callon.

Bruno Latour, que ha sido el principal objeto de crítica por las posibles consecuencias relativistas de su enfoque descriptivo, ha reflexionado en su trabajo más reciente sobre las implicaciones políticas de la teoría del actor-red. En *We have never been modern* (1993) introduce ya la discusión sobre "el parlamento de las cosas" que desarrollará más adelante fundamentalmente en *Politics of Nature* (2004),

tratando de deshacer la diferencia entre la representación política y la representación científica. Los constructos del conocimiento, argumenta Latour, constituyen una mezcla de política, ciencia, tecnología y naturaleza, son "híbridos", como "el calentamiento global", "el agujero de la capa de ozono", "los alimentos biológicos" o la "crisis económica". Al difuminarse de este modo las fronteras entre las humanidades, las ciencias naturales y las ciencias sociales, se requieren nuevas formas de entender el papel de la ciencia en la sociedad. Mientras que "representar" significó siempre cosas muy distintas en el ámbito de la ciencia y el de la política, Latour propone que la renuncia a entender la verdad científica como representación fiel de los hechos se complemente con la instauración en este nuevo parlamento de una representación política de las cosas. Los no humanos tienen derecho a ser representados por sus portavoces, lo mismo que los humanos, en una representación que sea lo más fiel posible a su complejidad y a sus inherentes incertidumbres. El "parlamento de las cosas" reivindica el papel de la negociación y los acuerdos parciales y revisables sobre lo que es real y sobre cómo humanos y no humanos podemos vivir juntos.

Michel Callon, sin embargo, se ha interesado fundamentalmente en la representación y el papel de los actores humanos no expertos en los problemas de la tecnociencia en nuestros días. Callon y Rabeharisoa (2003) utilizan la expresión "investigación en libertad" o "investigación silvestre" (*research in the wild*) para distinguir la investigación llevada a cabo en los laboratorios o lugares acreditados por sujetos expertos de la investigación de aquella que realizan grupos de ciudadanos sensibilizados o implicados. La investigación en libertad puede producir problematizaciones que luego se extenderán en la investigación ordinaria o aplicaciones novedosas de esta. La incorporación de otros actores en procesos de aprendizaje social en los que expertos y grupos de la sociedad civil cooperan en la investigación tiene como resultado, según Callon, que la investigación y la innovación se transfieran de forma más natural a la sociedad. Rabeharisoa y Callon (2002) han analizado en profundidad estas formas de cooperación en el caso de las asociaciones de pacientes, tomando a la Asociación Francesa contra las Miopatías (AFM) como ejemplo del modo en el que la asociación produce conocimientos sobre la experiencia de sus asociados que al confrontarse con el conocimiento experto conllevan un aprendizaje mutuo entre ambos ámbitos. Otra novedad

que presenta el modo de actuar de la AFM no es sólo la colaboración entre expertos y legos en la producción de conocimiento, sino también la creación de infraestructuras que formalizan la interdependencia entre grupos diversos de actores. Callon ha denominado "democracia técnica" a esta colaboración entre científicos y legos en la construcción del conocimiento, que tiene en los "foros híbridos" (Callon y Rip, 1991; Callon et al., 2001) una de sus herramientas principales. Frente al "parlamento de las cosas" de Latour, en los "foros híbridos" se sientan actores humanos, expertos y legos, para deliberar conjuntamente y tomar decisiones en casos de incertidumbre o conflictos sobre el resultado de alguna acción tecnocientífica, entrando así ANT en diálogo con toda la investigación sobre participación pública en ciencia y tecnología que se ha desarrollado desde diferentes disciplinas y enfoques⁴. De este modo, la teoría del actor-red, a través de sus múltiples versiones y manifestaciones, se ocupa de los aspectos centrales y más relevantes de la tecnociencia contemporánea.

Latour enumera tres criterios para incluir un análisis de la tecnociencia dentro de la teoría del actor-red. De los dos primeros, que incluya actores no humanos y que lo social no se use para explicar la estabilización de las redes, hemos hablado previamente. Resta el más interesante, el criterio que además, responde a las críticas de relativismo. De acuerdo con Latour (2005: 11), un análisis podrá considerarse ANT si su objetivo no es la deconstrucción, sino la recomposición de lo social. ANT no ha de confundirse con la crítica de las grandes narrativas, porque su objetivo no es deconstruirlas o destruirlas, sino más bien comprobar cuáles son las nuevas instituciones, procedimientos y conceptos capaces de reconectar lo social. La concepción praxiológica de la tecnociencia (Echeverría, 2003), de la que nos ocuparemos a continuación, se centra precisamente en esa reconstitución de la ciencia y la tecnología contemporáneas, con la aparición en escena de nuevos actores, la puesta en tela de juicio de las fronteras entre el dentro y el fuera de la ciencia, y un énfasis renovado en las prácticas.

3. DE LA CIENCIA A LA TECNOCIENCIA

Durante la segunda mitad del siglo XX la ciencia y la tecnología han experimentado un profundo cambio, generan-

do un híbrido entre ambas, la tecnociencia. Esta *convergencia entre ciencia y tecnología* se ha producido en todas las áreas de conocimiento, empezando por las ciencias físico-matemáticas y las tecnologías de computación, y ampliándose luego a la biología, la medicina y las ciencias sociales y humanas. Como resultado de dicho proceso, que se ha desarrollado ante todo en los EEUU de América, la ciencia académica ha quedado subordinada a la ciencia posacadémica (Ziman, 2000) o tecnociencia, generándose una nueva modalidad de práctica investigadora, hoy en día dominante.

Cabe distinguir dos modalidades de tecnociencia: la macrociencia (*Big Science*), basada en grandes programas de investigación financiados por instituciones gubernamentales y diseñados en función de objetivos políticos, estratégicos, militares y sociales; y la tecnociencia propiamente dicha, en la que la inversión privada, la participación empresarial, las expectativas de beneficio y las innovaciones en el mercado resultan determinantes para el desarrollo de los programas de investigación. Ambas tienen en común:

- la estrecha vinculación entre científicos, ingenieros y técnicos, que colaboran en proyectos y programas conjuntos;
- la creación de *agencias o empresas tecnocientíficas* para desarrollar dichos programas; pueden ser públicas, privadas o mixtas; en ocasiones adoptan la forma de consorcios y alianzas entre organizaciones;
- la importancia de la financiación de dichos proyectos, que sólo pueden ser desarrollados si se cuenta con recursos humanos, materiales y técnicos adecuados;
- la planificación de los objetivos propuestos y de las tareas a realizar para alcanzarlos;
- la subordinación de los objetivos clásicos de la ciencia a metas prefijadas por quienes establecen y financian las líneas prioritarias de investigación, lo que trae como consecuencia que, *en términos generales, el objetivo último de la actividad tecnocientífica sea la innovación*;
- la relevancia de la gestión de los proyectos, actividades y resultados;
- la evaluación *ex ante* y *ex post* de los resultados propuestos y obtenidos, así como el seguimiento de los mismos;
- la utilización de equipamientos tecnológicos complejos, tanto para la investigación como para la evaluación y la gestión. Conforme a la teoría del actor-red, dichos equi-

pamientos estarían dotados de agencia y en muchos casos son determinantes para la obtención de resultados.

La macrociencia surgió en los EEUU en la época de la Segunda Guerra Mundial y se consolidó durante la guerra fría. La tecnociencia emergió en el último cuarto del siglo XX y está en plena expansión. Desde el punto de vista de la financiación, la tecnociencia se caracteriza por la fuerte presencia de la inversión privada. Las tecnologías de la información y la comunicación, así como las biotecnologías, son dos ejemplos relevantes de tecnociencia. Así como algunas ciencias y técnicas estuvieron estrechamente vinculadas a la sociedad industrial a lo largo del siglo XIX y buena parte del siglo XX, el desarrollo de las tecnociencias se correlaciona con una nueva forma de organización social, la *sociedad de la información y el conocimiento*. La tecnociencia está basada en los lenguajes informáticos, que sólo son practicables si se dispone de los equipamientos TIC correspondientes y se saben usar adecuadamente. La actual *e-science* ilustra bien ese profundo cambio en la práctica científica generado por las TIC: Web 2.0 y ya 3.0, laboratorios en red, redes de excelencia, recursos compartidos, etc. Además, la actividad tecnocientífica ha de generar innovaciones, y puesto que el éxito de una innovación se comprueba en los mercados, las empresas y agencias conforman una componente relevante de la actividad tecnocientífica.

4. EMERGENCIA DE LAS TECNOCIENCIAS EN EL SIGLO XX

En 1961, Alvin Weinberg propuso distinguir entre ciencia y macrociencia (*Big Science*). Para que un proyecto fuese considerado como macrocientífico era preciso que su realización requiriera una parte significativa del producto interior bruto (PIB) de un país⁵. Conforme al criterio de Weinberg, la distinción entre ciencia y macrociencia es ante todo presupuestaria y depende de la inversión a realizar en grandes equipamientos de investigación⁶. Poco después, en su libro *Small Science, Big Science*, Derek de Solla Price (1963) amplió este criterio económico, precisándolo y formalizándolo. Propuso un modelo matemático que justificaba la necesidad de incrementar considerablemente la financiación de la ciencia y sugirió que dicho modelo cuantitativo no era más que un primer paso: "si

hemos de caracterizar la fase actual como algo nuevo, distinto de la ciencia burguesa común a Maxwell, a Franklin y a Newton, no podemos basarnos únicamente en una tasa de crecimiento" (1963: 50). Dejaba así abierta la vía para distinguir la macrociencia de la ciencia no sólo por su tamaño, sino también mediante criterios cualitativos y culturales.

La mayoría de los estudiosos afirman que la macrociencia emergió en la época de la segunda guerra mundial en EEUU, particularmente en el ámbito de la físico-matemática, representada por laboratorios y proyectos como el *Radiation Laboratory* de Berkeley, el *Radiation Laboratory* del MIT, el proyecto ENIAC de la Moore School de Pennsylvania y, sobre todo, el Proyecto Manhattan (Los Álamos), el gran paradigma de la macrociencia inicial, que condujo a la fabricación de las primeras bombas atómicas. La *Big Science* tuvo un origen militar y contribuyó decisivamente a la victoria de los EEUU en la segunda guerra mundial. Pero la decisión clave consistió en impulsar la nueva estructura organizativa de la macrociencia durante la postguerra, conforme a la propuesta de Vannevar Bush (1945) al Presidente Roosevelt. Finalizado el conflicto bélico, el único país que estaba en condiciones económicas, políticas, militares e industriales para impulsar la *Big Science* era EEUU. Algunos años después la URSS se convirtió en potencia nuclear, desarrolló su propia macrociencia y tomó la iniciativa en la exploración espacial con el lanzamiento del primer satélite artificial, el «Sputnik» (1957). La competición científico-tecnológica entre las dos grandes potencias militares fue una las características más significativas de la guerra fría y estuvo estrechamente vinculada a su rivalidad militar, política, industrial e ideológica.

En conjunto, esta primera época de la tecnociencia puede ser caracterizada mediante los siguientes rasgos distintivos:

- a) Financiación gubernamental. Se financiaron grandes equipamientos y macroproyectos de investigación, algo que estaba fuera del alcance de los medios económicos de las universidades y centros de investigación, salvo raras excepciones. Las grandes necesidades militares suscitadas por la Segunda Guerra Mundial fueron decisivas a la hora de incrementar el tamaño de los proyectos y los medios de financiación.

- b) Convergencia entre científicos y tecnólogos. Para el desarrollo de esos macroproyectos se requerían grandes equipamientos e inversiones, pero también equipos de investigación multidisciplinarios y de gran tamaño. La macrociencia trajo consigo la convergencia entre científicos, ingenieros y técnicos, que se plasmaba en la práctica de los laboratorios y centros de investigación.
- c) Macrociencia industrializada. La macrociencia generó una nueva modalidad de industria, luego denominada de I+D (investigación científica y desarrollo tecnológico). A la ciencia académica se le superpuso un entramado industrial, político y militar que modificó radicalmente la organización de la investigación. Así se estableció lo que se ha denominado "contrato social de la ciencia", entre científicos, ingenieros, políticos, militares y corporaciones industriales. El informe de Vannevar Bush (1945) suele ser considerado como el texto fundacional de dicho contrato. Algunas instituciones de nueva creación (*National Science Foundation*, Los Alamos, *National Institutes of Health*, NASA, etc.) se convirtieron en las principales agencias promotoras de la nueva modalidad de ciencia. Ello permitía optimizar los recursos, que eran obtenidos a partir de convocatorias competitivas.
- d) Macrociencia militarizada. Muchos de los macroproyectos científicos tuvieron apoyo y financiación militar, sobre todo en sus primeras fases de desarrollo. Por tanto, fueron secretos, contrariamente a la tradición de la ciencia moderna, basada en la publicación de los resultados de la investigación, aunque los resultados de algunos de estos proyectos fueron luego transferidos a la sociedad civil. Las agencias de investigación militar promovieron también nuevos macroproyectos (sistemas de defensa, exploración espacial, energía nuclear, criptología...) con la participación de universidades y empresas. De esta manera, algunas instituciones militares se convirtieron en agentes muy relevantes para la investigación científica y tecnológica⁷.
- e) La política científica. La emergencia de la macrociencia es concomitante con la aparición de las políticas de ciencia y tecnología. Algunos científicos de prestigio dejaron los laboratorios y pasaron a gabinetes de dirección y asesoramiento, convirtiéndose en expertos

en la negociación y diseño de políticas científico-tecnológicas. Surgió así un nuevo tipo de acción científico-tecnológica: el diseño de políticas para la macrociencia. Su principal consecuencia fue la progresiva organización de *sistemas nacionales de I+D*. En suma, la macrociencia implicó una estrecha vinculación de la ciencia con el poder (político, militar, económico).

- f) La agencia macrocientífica. Frente a los "hombres de ciencia" de la época moderna, la macrociencia la hicieron grandes equipos coordinados que integraban sus respectivos conocimientos y destrezas en un proyecto común que tenía diversos tipos de objetivos (científicos, tecnológicos, políticos, empresariales y militares). El sujeto de la macrociencia devino plural e institucional, rompiéndose con el tradicional individualismo metodológico y desbordando el *Royalist Compromise* que dio origen a la ciencia moderna, según el cual los propios científicos determinaban las líneas de investigación (Proctor, 1991). Las agencias tecnocientíficas marcan las líneas estratégicas y los objetivos a las comunidades científicas, aunque éstas mantengan un grado de autonomía y libertad en los laboratorios.
- g) Subordinación de los objetivos científicos. Los objetivos de la macrociencia no son únicamente científicos, ni tampoco tecnológicos. Un macroproyecto científico puede tener como uno de sus objetivos el avance en el conocimiento, o la invención de artefactos más eficientes, pero sobre estos objetivos priman otros, que son los que dan sentido a la financiación y desarrollo de los grandes proyectos de investigación: mejorar la capacidad defensiva y ofensiva de un ejército, incrementar la productividad de un sector industrial, o simplemente aumentar el prestigio de un país, su nivel de seguridad o su posición en los mercados internacionales. En el proyecto Manhattan, por ejemplo, a los científicos les interesaba calcular la masa crítica en un proceso de fusión nuclear, cosa que lograron. Pero, por encima de ello, los diseñadores del proyecto pretendían disponer de un arma de destrucción masiva que pudiera servir para ganar rápidamente la guerra o, ulteriormente, como arma de disuasión ante eventuales ataques de otras potencias. Los objetivos propiamente científicos y tecnológicos estuvieron subordinados a las metas de otra índole que habían definido los promotores y financiadores de dichos proyectos macrocientíficos.

En la década de los ochenta emergió la *tecnociencia propiamente dicha*. El término "tecnociencia" fue propuesto en 1983 por Bruno Latour, con el fin de "evitar la interminable expresión ciencia y tecnología". Latour planteó la pregunta "¿quién hace ciencia realmente?" e intentó mostrar que *la ciencia no sólo la hacen los científicos*, criticando la distinción interno/externo. Otro autor que utilizó sistemáticamente el término "tecnociencia" en los años ochenta fue Gilbert Hottois (1991), partiendo de contribuciones previas de Stork, Barret, Salomon, Gros, Ladrière, etc.

La convergencia progresiva entre ciencia y tecnología se vio agudizada en los años ochenta por la emergencia, desarrollo y progresiva expansión de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC). El sistema tecnológico TIC fue mediatizando cada vez más la investigación científica, y no sólo en el ámbito de la física o la matemática, sino también en biología, medicina y ciencias sociales. Particular importancia tuvo la convergencia entre biología e informática, porque supuso un profundo cambio de paradigma en las ciencias de la vida, que dio lugar a la aparición de la tecnobiología, o biotecnología, como habitualmente suele denominarse.

La tecnobiología se ha convertido en el canon de una nueva modalidad de práctica científica. Puesto que también en el sector TIC se habían producido cambios similares, surgiendo a partir de los ochenta diversas empresas tecnocientíficas que se convirtieron rápidamente en líderes del sector (Apple, Microsoft, Intel, etc.), cabe afirmar que junto a los proyectos macrocientíficos de financiación pública comenzaron a surgir diversas empresas privadas dedicadas a la investigación tecnocientífica, cuyos objetivos, además de producir conocimiento y desarrollos tecnológicos, incluían la prioridad de generar innovaciones competitivas en los mercados. En suma, durante las décadas de los ochenta y los noventa emergió la *tecnociencia propiamente dicha*, cuyas características básicas son las siguientes:

a) Financiación privada de la investigación. Desde el punto de vista presupuestario, se produjo un rápido crecimiento de la financiación privada en I+D, gracias a una liberalización de la ley de patentes y a una nueva política fiscal en EEUU, que permitía desgravar el 25% de las inversiones privadas en I+D. Esa política acarrió un cambio radical del marco en el que se desarrollaba la

investigación científica. A partir de los años ochenta la financiación privada de I+D superó a la pública, y desde entonces ha seguido creciendo, hasta llegar al 70% del total de la inversión en I+D. Un proceso similar se produjo en Europa, aunque más tardíamente. Desde el punto de vista de la financiación, la tecnociencia se caracteriza por la primacía del sector privado sobre el público. De hecho, la Bolsa comenzó a interesarse por invertir en ciencia y tecnología, algo que no tiene precedentes en la historia de la ciencia. Con este paso, los sistemas de I+D evolucionaron hacia sistemas de I+D+i, siendo la innovación el objetivo último de la investigación científica. Proliferaron pequeñas empresas de I+D, sobre todo en el ámbito de las nuevas tecnologías. Algunas de ellas (Apple, Microsoft, Intel, etc.) mostraron mucha mayor capacidad innovadora que las grandes corporaciones industriales de la posguerra. En conjunto, esta nueva política científico-financiera consiguió que los porcentajes de financiación pública y privada de la investigación se invirtieran. La macrociencia y la tecnociencia se distinguen entonces claramente por su estructura financiera.

b) Convergencia reforzada entre ciencia y tecnología. Las relaciones entre ciencia y tecnología proceden de la sociedad industrial y se vieron considerablemente reforzadas con la emergencia de la macrociencia. En el caso de la tecnociencia, la interdependencia entre ciencia y tecnología es prácticamente total. Si los tecnocientíficos pretenden producir nuevo conocimiento y emprenden acciones científicas para ello (demostrar, calcular, observar, medir, experimentar, etc.), dichas acciones son literalmente inviables sin apoyo tecnológico. Recíprocamente, las destrezas técnicas y las innovaciones tecnológicas han de estar estrictamente basadas en conocimiento científico, no sólo vinculadas a él, porque así se incrementa la eficiencia económica de las acciones tecnológicas. El propio diseño de los experimentos y de los proyectos de investigación científica es tecnológico, puesto que hay que enunciar previamente unos objetivos, precisar una metodología y un plan de trabajo y prever los resultados que piensan obtenerse, valorando su posible importancia y utilidad, así como las expectativas de generar innovación. La ciencia es requisito de la tecnología y la tecnología de la ciencia, una hibridación que forma parte constitutiva de la tecnociencia.

- c) Empresas tecnocientíficas. La vinculación entre ciencia, tecnología y empresa se intensificó a partir de los años ochenta, hasta el punto que la producción de conocimiento científico y tecnológico se convirtió en un nuevo sector económico, popularmente denominado de nuevas tecnologías, y técnicamente *economía del conocimiento*. La obtención, gestión y rentabilización de las patentes que resultan de la investigación en I+D+i pasó a ser una componente básica de la actividad tecnocientífica, tan importante como la investigación misma. Además, surgieron nuevas modalidades de explotación de la propiedad del conocimiento: licencias de uso, franquicias, suscripciones de acceso y conexión, etc. Por tanto, la gestión y el marketing del conocimiento también comenzaron a formar parte de las actividades de las empresas tecnocientíficas. Se introdujeron modelos empresariales de organización del trabajo y de gestión de la tecnociencia, muy distintos a los de las comunidades académicas clásicas. Los investigadores científicos comenzaron a ser considerados como trabajadores del conocimiento (Drucker, 1994).
- d) Redes de investigación. Si atendemos al principal escenario de la ciencia moderna, el laboratorio, la tecnociencia aporta cambios significativos. En el caso de la macrociencia los laboratorios se convirtieron en factorías de producción de conocimiento. Con el salto ulterior a la tecnociencia, adoptaron la forma de *laboratorios-red*, interconectados gracias a las tecnologías de la información. Frente al laboratorio aislado de la ciencia moderna, surgieron los laboratorios coordinados, que colaboran en un mismo proyecto y se dividen las tareas a llevar a cabo. Otro tanto ocurrió con los proyectos de investigación, en los que suelen colaborar diferentes equipos investigadores, empresas y países. En conjunto, el atomismo institucional que caracterizó a la ciencia moderna se ha visto reemplazado por una *tecnociencia en red*, con todas las consecuencias que ello tiene para la organización de la actividad científica y para la práctica investigadora.
- e) Tecnociencia militar. A partir de los años ochenta la colaboración entre los científicos y militares volvió a ser considerada como prioritaria en los EEUU, dándose por superada la crisis de la década 1966-76. Tras la guerra de Vietnam, el Pentágono comenzó a afirmar que los EEUU estaban perdiendo su supremacía tecnológica en relación a la URSS y que era preciso retomar la colaboración entre científicos, ingenieros y militares. Por tanto, el nuevo objetivo consistía en desarrollar tecnología militar, particularmente en el ámbito de las TIC, los misiles teledirigidos, la microelectrónica, los láser, la inteligencia artificial, la robótica, los nuevos materiales y los nuevos sistemas de propulsión para armas y barcos. Como resultado, las administraciones Ford, Carter y Reagan comenzaron a aprobar nuevos fondos para potenciar la investigación básica aplicada a cuestiones de Defensa. El sector privado, por su parte, también apoyó esta iniciativa, invirtiendo en universidades que tuvieran contratos con agencias militares.
- f) Planificación de la tecnociencia. Asimismo apareció un nuevo tipo de acción tecnocientífica: el diseño, discusión, aprobación, publicación y puesta en funcionamiento de *Planes Nacionales y Regionales de Ciencia y Tecnología*, con la subsiguiente creación de agencias específicas para diseñarlos, impulsarlos, gestionarlos y evaluarlos. La instauración de dichos sistemas y planes ha transformado la estructura de la actividad científico-tecnológica, al crear nuevos marcos o contextos de acción, por ejemplo los Programas Marco de la Unión Europea, o los Planes Nacionales y Autonómicos de I+D. La existencia de la tecnociencia pública depende de esas políticas de ciencia y tecnología.
- g) Tecnociencia y transformación del entorno. A diferencia de la ciencia moderna, cuyo objetivo principal era entender y explicar el mundo, la tecnociencia tiene como objetivo transformar el mundo, a pequeña o a gran escala. Las tecnologías de la información y la comunicación han cambiado radicalmente las relaciones sociales, contribuyendo a generar una nueva modalidad de sociedad, *la sociedad de la información*. De este cambio se han derivado múltiples innovaciones y transformaciones sociales. Las biotecnologías permiten modificar la estructura de la materia viva, generando nuevos tipos de genes, células y alimentos. Las nanotecnologías operan a una escala todavía menor, la escala nanométrica, pero su función no sólo estriba en conocer los nanocosmos, sino también en modificarlos, generando nuevos materiales y nanopartículas artificiales. Algunas tecnociencias también han tenido influencia a escala macrocósmica, por ejemplo la

energía nuclear, que ha suscitado la posibilidad de un invierno nuclear en todo el planeta, aparte de plantear el problema de los residuos. Otro tanto cabe decir del problema del cambio climático. En suma, la tecnociencia no sólo plantea oportunidades, también riesgos.

- h) La gestión de la tecnociencia. Se requiere organizar el trabajo tecnocientífico y gestionar los recursos disponibles, no sólo a la hora de investigar, sino en todas las fases y contextos de la actividad tecnocientífica. El *marketing* y la propaganda son características específicas de la tecnociencia, por oposición a la ciencia clásica. Esta característica convierte a algunos científicos e ingenieros en empresarios y gestores del conocimiento. Los modelos de gestión del conocimiento forman otra componente importante de la actividad tecnocientífica, sea estatal o empresarial.
- i) Tecnociencia y derecho. La actividad tecnocientífica está regulada jurídicamente en varias de sus fases y, al desarrollarse en un mercado competitivo, da lugar a numerosos problemas y pleitos jurídicos. Los términos jurídicos mediante los cuales se registra una patente en las oficinas estatales correspondientes tienen importancia para el desarrollo ulterior de los proyectos y para el logro de beneficios. Por tanto, una empresa o agencia tecnocientífica también tiene una componente jurídica relevante. Abundan los casos en los que los mayores éxitos de una innovación dependieron del acierto a la hora de registrar y comercializar las patentes.
- j) Tecnociencia y valores. Desde un punto de vista axiológico, en la actividad tecnocientífica intervienen diversos tipos de valores. Aparte de los valores epistémicos, técnicos y económicos (y en su caso militares), en la actividad tecnocientífica están presentes otros valores: ecológicos, políticos, sociales, jurídicos, etc. Siendo plural la agencia tecnocientífica y actuando cada agente en función de su propio sistema de valores, los conflictos axiológicos son inexorables.
- k) Tecnociencia e informática. La ciencia moderna se apoyó ante todo en las matemáticas, mientras que la tecnociencia requiere un formalismo adicional, la informática. El gran auge de la informática y de las tecnociencias que se derivan de ella (cibernética, robótica, inteligencia artificial, telemática, etc.) no es un

detalle incidental, sino que ilustra otro rasgo distintivo de la tecnociencia del siglo XX. La informática y las simulaciones constituyen las dos grandes novedades metodológicas del siglo XX, cuya irrupción, desarrollo y consolidación marcan el paso de la ciencia a la tecnociencia desde el punto de vista de los lenguajes formales y la metodología.

- l) Tecnociencia y sociedad de la información y el conocimiento. La macrociencia surgió en el marco de las sociedades industriales e implicó una industrialización del conocimiento científico. La tecnociencia, en cambio, está vinculada a una nueva modalidad de sociedad, que ha empezado a configurarse en las dos últimas décadas del siglo XX: la sociedad de la información y el conocimiento. Hay muchas diferencias entre ésta y la sociedad industrial, pero la más importante consiste en que la información y el conocimiento pasan a ser una nueva fuente de riqueza y poder. Por ello, el conocimiento científico deviene un bien básico para las grandes empresas y agencias tecnocientíficas.

Las doce características anteriores permiten distinguir la ciencia de la tecnociencia. Si, además, se tienen en cuenta los seis rasgos distintivos de la macrociencia antes mencionados, el tránsito de la ciencia a la tecnociencia a lo largo del siglo XX queda suficientemente definido.

5. PLURALIDAD DE ACTORES Y VALORES EN LA ACTIVIDAD TECNOCIENTÍFICA

La transición de la ciencia a la macrociencia cambió la práctica científica al suscitar la colaboración activa entre distintos tipos de profesionales: científicos, ingenieros, técnicos, políticos, industriales y, en muchos casos, militares. Los macroproyectos de investigación se desarrollan a través de agencias tecnocientíficas (NSF, NIH, NASA, ESA, etcétera) con una estructura compleja, que integra a varios tipos de agentes o actores, cada uno de los cuales tiene sus propios intereses, objetivos y valores.

Este contrato social de la ciencia, como dicha convergencia entre disciplinas y profesiones fue denominada, se consolidó y se amplió con la emergencia de la tecnociencia en los años ochenta. Una empresa tecnocientífica, además de

científicos, ingenieros y técnicos, ha de incluir otro tipo de profesionales, concretamente gestores, asesores jurídicos, planificadores y expertos en *marketing* y en organización del trabajo. También ha de contar con aliados en ámbitos político-militares y con entidades financieras de respaldo. Es frecuente, además, que sea una empresa multinacional, con sedes y franquicias en varios países. Todos estos actores desempeñan tareas imprescindibles, aunque luego sean los científicos de mayor prestigio quienes aparezcan como portavoces a la hora de hacer públicos sus logros, si se opta por hacerlos públicos. El interior de la tecnociencia difiere radicalmente del interior de la ciencia, caso de que se mantenga la distinción interno/externo a efectos analíticos.

Las acciones de cada uno de estos actores están guiadas por sus propios sistemas de valores. Partiendo de la hipótesis (Agazzi, 1992 y 1999) de que las acciones humanas están guiadas u orientadas por valores, y que dichos valores permiten estimar qué objetivos son relevantes y cuáles no, resulta que la actividad tecnocientífica está guiada por una *pluralidad de valores*, estructurados en subsistemas (Echeverría, 2003). Cada uno de los agentes que componen las agencias y empresas tecnocientíficas guía sus acciones y estrategias en función de su subsistema propio de valores. Además, tanto las evaluaciones de los resultados como las de los proyectos, acciones y objetivos propuestos dependen de esa pluralidad de criterios de valoración, que se cumplen sucesivamente. Los valores epistémicos (coherencia, precisión, rigor, adecuación empírica, verosimilitud, etc.) han de ser satisfechos, pero eso no basta. Además, los desarrollos tecnológicos que surjan de la investigación, o que la posibiliten, han de ser útiles, eficientes, robustos, rápidos, seguros, fiables e integrables en sistemas tecnológicos más complejos. Adicionalmente, hay que estimar los costes de la investigación (recursos humanos, infraestructuras, material fungible), así como los posibles beneficios económicos que pueden derivarse de ella (patentes, licencias); de lo contrario, las empresas tecnocientíficas no pueden atraer financiación privada para desarrollar sus proyectos. También se requieren equipos de gestión, expertos en *marketing* y asesores jurídicos. Por último, dichos proyectos han de insertarse en las líneas prioritarias de investigación, sean las de la empresa o las definidas por las autoridades de política científica en sus convocatorias de proyectos, acciones y programas. Por su parte, la tecnociencia militar ha de responder a objetivos

estratégicos y ha de atenerse a normas de conducta (secreto, confidencialidad, disciplina estricta) que chocan con el *ethos* científico clásico. La utilidad social de los resultados de la investigación es otro de los valores a considerar en muchos programas de financiación pública, así como el respeto a determinados valores éticos y ecológicos, en el caso de que los proyectos a desarrollar planteen o puedan plantear problemas de índole moral o medioambiental. En suma, aparte del núcleo axiológico que guía las acciones tecnocientíficas, en el que ya surgen conflictos internos, la tecnociencia ha de tener en cuenta otros tipos de valores (sociales, culturales, éticos, incluso religiosos) que también limitan su campo de acción.

También cambia profundamente la relación de la tecnociencia con el público y la sociedad. En el caso de la ciencia, la relación entre las comunidades científicas y el público se establecía ante todo a través de la educación y la divulgación, siendo los propios científicos quienes acometían ambas tareas. La paulatina irrupción y consolidación de la tecnociencia ha cambiado radicalmente esa relación con el público, al haberse producido una crisis de confianza de los ciudadanos con respecto a la investigación tecnocientífica y, en particular, respecto a los informes de los expertos. Las relaciones entre la tecnociencia y las sociedades son complejas, y a veces conflictivas. Algunas líneas de investigación suscitan dudas, si no rechazo social.

Es preciso recordar la crisis de la macrociencia en los años sesenta, puesto que fue el origen de los estudios CTS (ciencia, tecnología y sociedad). La oposición en los EEUU a la Guerra del Vietnam y a la investigación científica con fines militares fue un primer ejemplo de esta pérdida de credibilidad de la macrociencia, que cristalizó en el movimiento de mayo de 1968. Otro tanto ocurrió en relación con la energía nuclear, que fue encontrando una oposición creciente en la sociedad, y no sólo por el recuerdo de Hiroshima y Nagasaki, sino también por el problema de los residuos nucleares producidos por los laboratorios o por los riesgos de accidentes en los reactores nucleares, algunos de los cuales formaban parte de los macrolaboratorios científicos y estaban ubicados en los campus universitarios. Algunas líneas de investigación comenzaron a ser consideradas como un peligro para la democracia, al estar al servicio exclusivo de organizaciones militares, y ser opacas sus actividades y resultados. La militarización parcial de la macrociencia fue criticada desde múltiples

perspectivas, calando las críticas en la sociedad y llegando a algunos científicos y dirigentes académicos.

Estas protestas tuvieron repercusión en un asunto que sería central en el debate de finales de los años sesenta y setenta: la exigencia de una mayor transparencia y control social y democrático de la investigación científica. Con ello se incidía en uno de los pilares del contrato social de la ciencia establecido a partir del informe Bush (1945), según el cual los científicos mantenían amplias cotas de libertad a la hora de elegir sus objetivos y líneas de investigación. En conjunto, cabe afirmar que en la década de los sesenta se pusieron en cuestión algunos de los postulados principales del sistema de I+D que había surgido tras la segunda guerra mundial. Con ello emergía un nuevo agente del sistema, la propia sociedad, y lo hacía de manera crítica. Desde el punto de vista axiológico, éste es el momento en que los valores sociales irrumpen con fuerza en la actividad científica, introduciendo nuevos criterios de valoración de la tecnociencia. La crisis de la década 1966-76 fue producto de la entrada de nuevos sistemas de valores, como los sociales, los ecológicos y los jurídicos, que hasta entonces habían tenido un peso relativo muy menguado en medios científicos. A partir de esa época, comenzó a ser indispensable la evaluación de los riesgos derivados de la actividad tecnocientífica, dando lugar a un nuevo ámbito de actividad, al que las sociedades actuales son muy sensibles: la evaluación y las políticas de riesgo (López Cerezo y Luján, 2000).

En términos generales, cabe decir que la relación de la ciudadanía con la tecnociencia se ha deteriorado en algunos ámbitos, sin perjuicio de que también hay líneas de investigación e innovación que tienen un gran respaldo social, en particular en el caso de la tecnomedicina. En el fondo, se está expresando un cierto rechazo al nuevo y creciente *poder tecnocientífico*. El control social y la democratización de la ciencia (participación ciudadana en el diseño y evaluación de la investigación) son dos de los lemas que aglutinan esas fuerzas sociales que antaño miraban a la ciencia con admiración, y hoy contemplan a la tecnociencia con dudas crecientes⁸. En muchos casos, esa preocupación tiende a convertirse en rechazo, sobre todo en aquellos países tecnocientíficamente dependientes, es decir, que no cuentan con recursos humanos, financieros ni organizativos como para desarrollar sus propias políticas científicas. No es extraño que sociedades enteras rechacen

mayoritariamente la expansión del poder tecnocientífico a sus países, sobre todo cuando ello implica dependencia y colonización tecnológica.

6. TECNOCIENCIA Y TEORÍA DEL ACTOR-RED: ENCUENTROS, DESENCUENTROS Y ALIANZAS

El análisis previo de la tecnociencia contemporánea presenta muchos puntos de encuentro con la imagen de la tecnociencia reflejada a través de la teoría del actor-red. Aun cuando la definición de tecnociencia de Latour sea tan laxa que englobe toda la ciencia-tecnología, su énfasis en la hibridación entre ambas, en la pluralidad de elementos heterogéneos que contribuyen a su conformación, en el papel determinante de las prácticas y en la disolución de las fronteras entre el dentro y el fuera permiten plantear el valor de ANT como herramienta para arrojar luz sobre los procesos de producción de la tecnociencia actual.

De hecho, los análisis ANT sobre episodios de tecnociencia contemporánea tienden a enfatizar los rasgos característicos de ésta anteriormente definidos. Los trabajos clásicos de Michel Callon (1986b) sobre el destino del coche eléctrico o de Bruno Latour (1996) sobre Aramis, el fracasado sistema de transporte público parisino, son dos casos en los que la tecnociencia se hace presente con todas sus notas definitorias de pluralidad de agentes y valores, financiación privada, y objetivos extracientíficos que cumplir; y en los que el fracaso en la estabilización de las redes proyectadas ha de buscarse en las complejas interacciones entre los elementos (humanos y no humanos) en juego. El reciente interés de Michel Callon (1998a, 1998b) por estudiar el comportamiento de los mercados económicos a través de ANT puede ser también una buena muestra de su utilidad en la aplicación a la tecnociencia. Y numerosos autores han recurrido a ANT para analizar los más variados episodios tecnocientíficos, desde defender el tratamiento ético de los tests genéticos comerciales (Williams-Jones, B. y J. E. Graham, 2003) hasta dar cuenta del desarrollo de los nuevos alimentos funcionales (Lehenkari, 2000). La inminente aparición del *International Journal of Actor-Network Theory and Technological Innovation*, dedicado al uso de ANT para explorar "los fenómenos sociotécnicos relacionados con la implementación y el uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones"⁹ es también

otro indicio de las potencialidades de ANT para el estudio de la tecnociencia. Esta nueva revista es una iniciativa de la *Information Resources Management Association*, que ha identificado que ANT constituye un marco descriptivo habitual utilizado por la comunidad de investigadores sobre TIC. En particular, todo lo relacionado con la innovación distribuida y el trabajo colaborativo en las comunidades que desarrollan código abierto son campos de trabajo en los que ANT se ha aplicado de un modo iluminador (Tuomi, 2001).

Mientras que la concepción praxiológica de la tecnociencia nos proporciona imágenes a escalas grandes y medias de la constitución de la tecnociencia contemporánea, la teoría del actor-red resulta esclarecedora para analizar en detalle

la letra pequeña de los casos de estudio seleccionados. Entre una y otra, no obstante, es preciso realizar numerosas tareas de traducción para que su beneficio mutuo pueda visibilizarse, dado que el lenguaje de los valores y el foco preferencial en la agencia humana de la concepción praxiológica chocan con la terminología, la metodología y hasta la ontología de ANT. No obstante, si los valores no se entienden como predeterminados de antemano y los valores epistémicos se reconvierten en portavoces de la agencia material, la compatibilidad aparece como viable. Los últimos desarrollos de ANT, además, muestran, aparte de su maleabilidad como herramienta, sus potencialidades para ocuparse de las cuestiones de poder, justicia e inclusión que resulta imprescindible abordar en un análisis político de la tecnociencia.

NOTAS

- 1 "Actor-network theory" (ANT) se ha traducido tanto como "teoría de la red de actores" como por "teoría del actor-red". La expresión inglesa permite ambas versiones en castellano, mostrando así la complejidad misma de la idea que pretende captar la teoría. Preferimos, sin embargo "teoría del actor-red" porque, "un 'actor-red' es simultáneamente un actor cuya actividad es crear redes de elementos heterogéneos y una red que es capaz de redefinir y transformar aquello de lo que está conformada" (Callon 1987: 93). No se trata del establecimiento de redes entre actores predeterminados, sino que ambos, actores y redes, se conforman mutuamente en procesos simultáneos en los que el actor mismo funciona como red.
- 2 Law (1986b) también presentó en aquel momento su caso de estudio fundacional, sobre el colonialismo portugués.
- 3 Aplicada a la tecnociencia, la performatividad narra el modo en el que las prácticas de actores tanto humanos como no humanos en interacción generan los productos de la ciencia y la tecnología. La aproximación performativa ha sido ampliamente utilizada en los estudios sobre ciencia por autores como Bruno Latour, Donna Haraway, Joseph Rouse o Andrew Pickering.
- 4 Otros enfoques derivados de ANT que prestan una especial atención a las implicaciones políticas de la tecnociencia y a las cuestiones de justicia e igualdad, son los derivados de la intersección entre ANT y feminismo. Los trabajos de Vicky Singleton, Susan Leigh Star y Donna Haraway son algunos de los ejemplos más relevantes de este encuentro.
- 5 Weinberg (1961: 164). Véase también Weinberg (1967).
- 6 Este tipo de criterio para distinguir la macrociencia se convirtió en estándar. En el *World Inventory of "Big Science" Research Instruments and Facilities* editado en 1986 por el Congreso de los EEUU, se hablaba de macrociencia para aludir a grandes aparatos científicos que hubieran sido construidos con posterioridad a

Recibido: 20 de julio de 2008

Aceptado: 1 de septiembre de 2008

- 1920 y que hubieran costado como mínimo 25 millones de dólares, en dólares constantes de 1984.
- 7 En 1955, el 80% de las inversiones del Gobierno Federal de EEUU en I+D fueron canalizadas a través del Departamento de Defensa.
 - 8 Un documento clave al respecto es la Declaración de Budapest (1999) en pro de la democratización de la ciencia, promovida por la UNESCO.
 - 9 <http://igi-pub.com/journals/details.asp?id=7885>.

REFERENCIAS

- Agazzi, E. (1992): *El bien, el mal y la ciencia. Las dimensiones éticas en la empresa científico-tecnológica*, Madrid, Tecnos, 1996.
- Agazzi, E. (1999): "El giro histórico sobre los valores en la ciencia", *Arbor*, n.º 638, pp. 173-194.
- Bijker, W. J.; Hughes, T. y Pinch, T. (eds.) (1987): *New Directions in the Social Studies of Technology*, Cambridge (MA), MIT Press.
- Bloor, D. (1976/1991): *Conocimiento e imaginario social*, Barcelona, Gedisa, 1998.
- Bush, V. (1945): *Science, the Endless Frontier*, Washington, United States Government Printing Office.
- Callon, M. (1986a): "Some Elements of a Sociology of Translation: Domestications of Scallops and the Fishermen of Saint Brieuc Bay", en J. Law (1986a), pp. 196-233.
- Callon, M. (1986b): "The Sociology of an Actor-Network: The Case of the Electric Vehicle", en M. Callon; J. Law y A. Rip (1986).
- Callon, M. (1987): "Society the Making; the Study of Technology as a Tool for Sociological Analysis", en W. Bijker; T. Hughes y T. Pinch (1987).
- Callon, M. (1998a): "Actor-network theory, the market test", en J. Law y J. Hassard (eds.), pp. 181-195.
- Callon, M. (ed.) (1998b): *The Laws of the Markets*, Oxford, Blackwell.
- Callon, M. (1999): "The Role of Lay People in the Production and Dissemination of Scientific Knowledge", *Science, Technology and Society*, vol. 4, n.º 1, pp. 81-94.
- Callon, M.; Law, J. y Rip, A. (1986) (eds.): *Mapping the Dynamics of Science and Technology: Sociology of Science in the Real World*, Londres, The Macmillan Press.
- Callon, M.; Lascoumes, P. y Barthes, Y. (2001): *Agir dans un monde incertain: Essai sur la démocratie technique*, París, Le Seuil.
- Callon, M. y Rabeharisoa, V. (2003): "Research 'in the wild' and the shaping of new social identities", *Technology & Society*, vol. 25, pp. 193-204.
- Collins, H. M. y Yearly, S. (1992): "Epistemological Chicken", en A. Pickering (ed.), *Science as Practice and Culture*, Chicago, Chicago University Press.
- Drucker, P. (1994): *Knowledge Work and Knowledge Society*, JFK School of Government, Harvard University, disponible en web: <www.ksg.harvard.edu/ifactory/ksgpress/www/ksg_news/transcripts/drucker.htm>.
- Echeverría, J. (2003): *La revolución tecnocientífica*, Madrid, FCE.
- Hottois, G. (1991): *El paradigma bioético. Una ética para la tecnociencia*, Barcelona, Anthropos.
- Hughes, T. (1983): *Networks of Power: Electrification in Western Society, 1880-1930*, Baltimore, Johns Hopkins University Press.
- Latour, B. (1983): "Give Me a Laboratory and I Will Raise the World", en K. Knorr-Cetina y M. Mulkay (eds.), *Science Observed: Perspectives on the Social Study of Science*, Londres, Sage.
- Latour, B. (1987): *Ciencia en acción*, Barcelona, Labor, 1992.
- Latour, B. (1988): *The Pasteurization of France*, Cambridge (MA), Harvard University Press.
- Latour, B. (1993): *We have never been modern*, Cambridge (MA), Harvard University Press.
- Latour, B. (1996): *Aramis or the Love of Technology*, Cambridge (MA), Harvard University Press.
- Latour, B. (1999): "On recalling ANT", en J. Law y J. Hassard (1999), pp. 15-25.
- Latour, B. (2004): *Politics of Nature: How to Bring the Sciences into Democracy*, Cambridge (MA), Harvard University Press.
- Latour, B. (2005): *Reassembling the Social. An Introduction to Actor-Network Theory*, Oxford, Oxford University Press.
- Latour, B. y Woolgar, S. (1979/1986): *La vida en el laboratorio*, Madrid, Alianza.
- Law, J. (ed.) (1986a): *Power, Action, and Belief: A New Sociology of Knowledge?*, Londres, Routledge.
- Law, J. (1986b): "On the Methods of Long Distance Control: Vessels, Navigation and the Portuguese Route to India", en J. Law (1986a), pp. 234-263.
- Law, J. (ed.) (1991): *A Sociology of Monsters. Essays on Power, Technology and Domination*, Londres, Routledge.
- Law, J. (1992): "Notes on the Theory of the Actor Network: Ordering, Strategy and Heterogeneity", Centre for Science Studies, Lancaster University, disponible en web: <<http://www.comp.lancs.ac.uk/sociology/papers/Law-Notes-on-ANT.pdf>>.
- Law, J. (2003): "Traduction/Trahison: Notes on ANT", Centre for Science Studies, Lancaster University, disponible en web: <<http://www.comp.lancs.ac.uk/sociology/papers/Law-Traduction-Trahison.pdf>>.

- Law, J. (2007): "Actor Network Theory and Material Semiotics", Centre for Science Studies, Lancaster University, disponible en web: <<http://www.heterogeneities.net/publications/Law-ANTandMaterialSemiotics.pdf>>.
- Law, J. y Hassard, J. (eds.) (1999): *Actor-Network Theory and After*, Oxford, Blackwell/Sociological Review.
- Lehenkari, J. (2000): "Styding innovation trajectories and networks. The case of Benecol margerine", *Science Studies*, vol. 31, n.º 1, pp. 50-67.
- López Cerezo, J. A. y Luján, J. L. (2000): *Ciencia y política del riesgo*, Madrid, Alianza.
- Mol, A. M. (2002): *The Body Multiple: Ontology in Medical Practice*, Durham (NC), Duke Universty Press.
- Proctor, R. N. (1991): *Value-Free Science? Purity and Power in Modern Knowledge*, Cambridge (MA), Harvard University Press.
- Rabeharisoa, V. y Callon, M. (2002): "The involvements of patient's associations in research", *International Social Science Journal*, vol. 171, pp. 57-65.
- Singleton, V. y Michael, M. (1993): "Actor-Networks and Ambivalence: General Practitioners in the UK Cervical Screening Programme", *Social Studies of Science*, vol. 23, pp. 227-64.
- Solla Price, D. de (1963): *Little Science, Big Science*, Nueva York, Columbia University Press.
- Tuomi, I. (2001): "Internet, Innovation, and Open Source: Actors in the Network", *First Monday*, vol. 6, n.º 1, disponible en web: <http://firstmonday.org/issues/issue6_1/tuomi/index.htm>.
- Weinberg, A. M. (1961): "Impact of large-scale science on the United States", *Science*, 134 (21 de julio de 1961), p. 164.
- Weinberg, A. M. (1967): *Reflections on Big Science*, Cambridge (MA), MIT Press.
- Williams-Jones, B. y Graham, J. E. (2003): "Actor-Network Theory: a tool to support ethical analysis of commercial genetic testing", *New Genetics and Society*, vol. 22, n.º 73, pp. 271-296.
- Winner, L. (1993): "Upon opening the Black Box and Finding It Empty: Social Constructivism and the Philosophy of Technology", *Science, Technology & Human Values*, vol. 18.
- Ziman, J. (2000): *Qué es la ciencia*, Madrid, Cambridge University Press, 2003.