

Producción de
Conocimiento Científico y
Tecnológico: una
Aproximación Conceptual

I. Díaz



Producción de
Conocimiento Científico y
Tecnológico: una
Aproximación Conceptual

I. Díaz

Toda correspondencia en relación con este trabajo debe dirigirse al Servicio de Información y Documentación, Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas, Ciudad Universitaria, 28040-MADRID, ESPAÑA.

Las solicitudes de ejemplares deben dirigirse a este mismo Servicio.

Los descriptores se han seleccionado del Thesaurus del DOE para describir las materias que contiene este informe con vistas a su recuperación. La catalogación se ha hecho utilizando el documento DOE/TIC-4602 (Rev. 1) Descriptive Cataloguing On-Line, y la clasificación de acuerdo con el documento DOE/TIC.4584-R7 Subject Categories and Scope publicados por el Office of Scientific and Technical Information del Departamento de Energía de los Estados Unidos.

Se autoriza la reproducción de los resúmenes analíticos que aparecen en esta publicación.

Catálogo general de publicaciones oficiales

<http://www.060.es>

Depósito Legal: M -26385-2011

ISSN: 1135 - 9420

NIPO: 721-13-003-6

Editorial CIEMAT

CLASIFICACIÓN DOE Y DESCRIPTORES

S99

SOCIAL IMPACT; TECHNOLOGY IMPACTS; KNOWLEDGE PRESERVATION;
RESEARCH PROGRAMS; SOCIOLOGY; HISTORICAL ASPECTS

Producción de Conocimiento Científico y Tecnológico: una Aproximación Conceptual¹

Díaz, I.
55 pp. 31 ref.

Resumen:

La producción de conocimiento, su análisis y características ha sido una de las líneas tradicionales de reflexión en filosofía de la ciencia y constituye también un foco de atención específico de los denominados estudios sociales de la ciencia y la tecnología. Este trabajo repasará las principales aportaciones de una serie de autores –Weinberg (1961, 1972), Funtowicz y Ravetz (1993), Gibbons et al. (1994), Jasanoff (1995), Ziman (1998) y Echeverría (2003)- que, desde esta perspectiva, han analizado la producción contemporánea de conocimiento científico-tecnológico, sus especificidades y consecuencias por lo que respecta a su gestión pública y su relación con la sociedad.

Knowledge Production on Science and Technology: a Conceptual Approach

Díaz, I.
55 pp. 31 ref.

Abstract:

One traditional reflection on philosophy of science is the analysis of knowledge production. This is also a relevant aim for contemporary social studies of science. This work review the main contributions routed in this academic field regarding present production of knowledge -Weinberg (1961, 1972), Funtowicz and Ravetz (1993), Gibbons et al. (1994), Jasanoff (1995), Ziman (1998) and Echeverría (2003). A specific attention to the consequences of its features for the public management of science and technology and it relation with society will be attended.

¹Este trabajo ha sido posible gracias a la financiación de los proyectos “Políticas de la cultura científica: Análisis de las dimensiones políticas y sociales de la cultura científica” (FFI2011-24582) y “Análisis de las campañas institucionales en el caso de la vacunación contra el virus del papiloma humano” (CSO2011-25810) del Plan Nacional de I+D del Ministerio de Economía y Competitividad.

Contenido

Introducción.....	7
Replanteando la concepción de la ciencia y la tecnología: los estudios sociales de la ciencia.....	9
1.1 Introducción.....	9
1.2 Concepción heredada.....	10
1.3 De la ciencia moderna a la ciencia contemporánea: <i>Big Science</i>	11
1.4 Cambios académicos y sociales en la concepción de la ciencia.....	13
1.5 Los estudios sociales de la ciencia.....	16
Nuevos modos de producción del conocimiento.....	17
2.1 Introducción.....	17
2.2 Ciencia <i>degradada</i> : transcencia y ciencia postacadémica.....	21
2.2.1 Alvin M. Weinberg	21
2.2.2 John Ziman	25
2.3 Ciencia <i>politizada</i> : ciencia reguladora y ciencia posnormal.....	29
2.3.1 Sheila Jasanoff	29
2.3.2 Silvio O. Funtowicz y Jerome R. Ravetz	32
2.4 Ciencia <i>tecnificada</i> : modo 2 y tecnociencia.....	38
2.4.1 Michael Gibbons y sus colaboradores	38
2.4.2 Javier Echeverría	43
Conclusiones.....	51
Referencias.....	53

INTRODUCCIÓN

Hace aproximadamente veinte años (aunque con algunos precedentes importantes, como se verá a lo largo del desarrollo de este trabajo), el intento de determinar si había eclosionado (o no) un nuevo modo de producción de conocimiento científico-tecnológico se convirtió en una de las puntas de lanza de los estudios sociales de la ciencia o estudios CTS (del acrónimo “ciencia, tecnología y sociedad”). Transcurridas ya un par de décadas, cabe plantearse nuevamente las descripciones entonces realizadas para tratar de evaluar si, a la luz del desarrollo actual de la ciencia y la tecnología, los diagnósticos y previsiones de los autores que abordaron esta cuestión han resultado finalmente atinados. Y es que, con independencia de cuál sea el veredicto final y de que se afirme (o no) tajantemente que existe una producción de conocimiento sustancialmente distinta de la heredada de la Modernidad (es decir, de que se hable de una distinción en términos ontológicos), las consecuencias epistémicas del agudizamiento de determinados rasgos en la investigación contemporánea (y, especialmente, en la que puede ubicarse en la vanguardia del conocimiento²) resultan de particular interés al poner de manifiesto la existencia de ciertas características de la ciencia, en tanto que institución y dinámica, que tienen consecuencias relevantes por lo que respecta a la gestión, evaluación, promoción e intercambio del conocimiento experto y los desarrollos con la sociedad.

Por ello, el hilo conductor de este trabajo será el análisis de los principales autores que abordaron esta temática desde la perspectiva de los estudios sociales de la ciencia. En este sentido, se han considerado especialmente relevantes los correspondientes a los trabajos de Alvin M. Weinberg (1961, 1972), por ser una especie de precursores del debate posterior que,

² Así, biotecnologías, nanotecnologías, investigación energética o comunicaciones, por mencionar algunos ejemplos, parecen acomodar mejor su dinámica a la descripción realizada por estos autores que a la más tradicional caracterización de la ciencia recogida en los estudios metacientíficos hasta la primera mitad del siglo XX (Círculos de Viena y de Berlín, Merton, Popper o Kuhn, etc.; todos los cuales, pese a las profundas diferencias entre sus teorías, parecen remitir a una instancia similar al hablar de “ciencia”).

a lo largo de los años 90 del siglo XX, fue encabezado por Funtowicz y Ravetz (1993), Gibbons y sus colaboradores (1994), Jasanoff (1995), Ziman (1998) o, en el contexto español, Echeverría (2003). Según todos ellos, desde mediados del pasado siglo, la ciencia y la tecnología habrían sufrido una serie de cambios y convulsiones internas que habrían devenido en un nuevo tipo de producción de conocimiento. Esta circunstancia habría significado también el declive del modelo tradicional de gestión de la política científica, que vendría mostrándose insuficiente para hacer frente a las nuevas condiciones presentes en la investigación. En consecuencia, y como sucediese ya tras la Revolución Científica postmedieval, la relación entre ciencia y política (o, más en general, entre ciencia y sociedad) debería ser igualmente reajustada.

Y es que, si como indican Funtowicz y Ravetz (1993, p. 23) *“la ciencia evoluciona en la medida en que es capaz de responder a los principales desafíos de cada época, cambiantes a través de la historia”*, una modificación en la dinámica científica sería un indicador de obsolescencia del tradicional modelo político que la acompaña. En este sentido, Brown (2009) ha puesto de manifiesto cómo la ciencia y el estado coevolucionan en la Modernidad y comparten buena parte de sus presupuestos básicos. Por ello, esta investigación comienza con una caracterización de la ciencia moderna y del contrato social subyacente para, a continuación, poner de manifiesto cuáles son las insuficiencias en el modelo detectadas por los autores reseñados y qué consecuencias prácticas tienen para la relación entre el conocimiento y la sociedad contemporáneos. Por último, parece fundamental perfilar algunas de las propuestas alternativas a los modelos de gestión tradicionales que se ofrecen desde los círculos académicos y cuya necesidad sería la consecuencia última de los nuevos rasgos detectados.

La perspectiva general desde la que se desarrolla esta investigación es, de forma explícita, un análisis filosófico conceptualmente fundamentado en los estudios sociales de la ciencia³ y con un enfoque naturalista. Esta aproximación, aunque relativamente novedosa en el panorama académico⁴, resulta especialmente oportuna frente a otras más tradicionales por considerar dentro del ámbito de estudio, no solo los aspectos puramente científicos o tecnológicos, sino también su relación con la sociedad, la política, la economía y otras esferas igualmente fundamentales de la vida humana. Recoge así mismo aspiraciones clásicas de la filosofía como el rigor analítico, el espíritu crítico, la mirada global sobre los problemas o las consideraciones éticas, aspectos que parecen especialmente pertinentes a la hora de abordar un desarrollo científico y tecnológico que ha modificado, sobre todo durante el último siglo, las condiciones humanas, sociales y del entorno de manera sustancial.

³ Para una revisión general del campo, véanse, por ejemplo, Jasanoff *et al.* (1995) o Hackett *et al.* (2008).

⁴ Tal y como afirman González García *et al.* (1996), los estudios sociales de la ciencia o estudios CTS comienzan a consolidarse como campo académico en torno a los años 70 del siglo XX. De hecho, David Edge (1995), uno de los pioneros de esta corriente, recuerda cómo, a su llegada a Edimburgo en los años 60, estaban constituyéndose aún los primeros departamentos.

REPLANTEANDO LA CONCEPCIÓN DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA: LOS ESTUDIOS SOCIALES DE LA CIENCIA

1.1 Introducción

Una de las líneas principales en la filosofía de la ciencia tradicional ha girado en torno a la idea de que la ciencia responde a la aplicación de un método, un canon que establecería la demarcación entre lo que es una explicación científica y lo que no, y mostraría cómo realizarla correctamente. Así, desde el empirismo clásico encabezado por autores como Bacon o Mill, se presentan ya versiones bastante elaboradas del método científico (considerado en este caso como un método inductivo) en las que se aportan una serie de reglas o pasos que el científico debe seguir para garantizar la científicidad y corrección de sus resultados, algo así como un conjunto de normas que ordenarían el proceso de inferencia y proporcionarían legitimidad al mismo.

Ahora bien, esta concepción es asumida, incluso en los entornos científicos, como un ideal que, a menudo, es objeto de excepciones. De hecho, sucede que la inferencia inductiva resulta demasiado rígida a la hora de dar cuenta de múltiples descubrimientos en los que no se sigue un paso claro de los datos a los resultados; circunstancia que habría hecho que algunos autores, como Jevons (1900) o Herschel (1830), comenzasen a defender una concepción del método científico como explicación *post hoc* o inducción confirmatoria (donde el énfasis se pone, no ya en el método por el que se llega a un descubrimiento, sino por su contrastación y puesta a prueba posterior). Este cambio de perspectiva se conoce en filosofía de la ciencia con

el nombre de “giro lógico” y se basa en el cumplimiento de determinados criterios de científicidad.

Ya en el siglo XX, el empirismo lógico, cuya caracterización más pormenorizada se verá en el apartado siguiente, comenzó a hablar de la ciencia como de un *saber metódico*, es decir, un conocimiento que estaría caracterizado por poseer una determinada estructura lógica, así como por responder a un método que incluiría la contrastación empírica de las hipótesis. Por ello, definir la correcta *estructura* de las teorías científicas fue, de hecho, el problema central sobre el que giró el empirismo lógico.

1.2 Concepción heredada

Se denomina “concepción heredada” (expresión acuñada por Hilary Putnam en 1962) a la imagen idealizada de la ciencia que, partiendo sobre todo del empirismo lógico de principios del siglo XX que se acaba de describir, pero con raíces profundas en concepciones anteriores⁵, sostiene que esta es el resultado de la aplicación de un método racional (el método científico) que, partiendo de la observación directa de la naturaleza y apoyándose en la experimentación, ha permitido construir todo un edificio de conocimiento racional, objetivo, fiable, autónomo y ausente de valores no epistémicos, además de beneficioso para la sociedad. Auspiciados por esta concepción, autores como Vannevar Bush (1945) defendieron gobiernos de corte tecnocrático y una ausencia total de control social sobre los desarrollos científico-tecnológicos.

La concepción heredada, por tanto, ancla sus raíces en el empirismo lógico desarrollado por los Círculos de Viena y de Berlín (que, si bien presentan diferencias significativas, mantienen una visión de conjunto similar acerca de la ciencia y de sus rasgos característicos). En ellos, la física matemática newtoniana constituía el modelo canónico de *buena ciencia*, basado en la adopción de la matemática como herramienta operatoria, la lógica como estructura y el empirismo clásico como marco filosófico de referencia. Asociada a esta imagen de la ciencia, se estabilizó una concepción de la tecnología como *ciencia aplicada*, en la que el valor canónico vendría dado por su eficiencia. Por otra parte, y en tanto que mera aplicación de una ciencia valorativamente neutral, la tecnología tampoco se considera cargada de valores, de forma que no puede ser juzgada éticamente en sí misma (si bien, se admite que sí es susceptible de valoración moral el uso que de sus desarrollos hagan los seres humanos). Esta posición, conocida en los círculos académicos como “concepción estrecha de la tecnología”, ha estado ligada a las mismas críticas y objeciones que la concepción heredada, motivo por el cual no se le prestará una atención específica.

⁵ Las filosofías empiristas clásicas, por ejemplo, de Descartes, Bacon, Hume, etc.

Aunque ya había tenido que enfrentar problemas relevantes⁶, esta forma de concebir la ciencia tiene su verdadero punto de inflexión con la publicación de *La estructura de las revoluciones científicas* de Thomas Kuhn (1962), tras la que pierde su indiscutible dominio en el contexto de la filosofía de la ciencia. A partir de la crítica kuhniana, que describe en su obra un tipo de ciencia muy alejado del modelo tradicional, la concepción académica de la misma va orientándose hacia un nuevo tratamiento, tanto en lo referente a la actividad científica como en lo relativo a la estructura del conocimiento. Las consecuencias más significativas del surgimiento de una nueva interpretación de la ciencia (y la tecnología) fueron la caída paulatina de los *mitos*⁷ que habían sustentado la relación entre la institución científico-tecnológica y la sociedad, así como la elaboración de políticas públicas: poco a poco, argumentos como la neutralidad valorativa, el cheque en blanco para la ciencia o el imperativo tecnológico van dejando paso a una consideración más democrática de cuáles deberían ser las interacciones entre ciencia, tecnología y sociedad; otorgándose por fin un papel cada vez más relevante a la ciudadanía en la toma de decisiones y, más recientemente, en la propia evaluación y definición de los problemas.

1.3 De la ciencia moderna a la ciencia contemporánea: *Big Science*

Desde la figura del científico solitario, inmerso en su laboratorio y prácticamente sin equipamiento técnico, hasta los actuales centros de investigación interdisciplinares, dotados

⁶ En este sentido, cabe destacar dos argumentos: la carga teórica de la observación y la infradeterminación. La carga teórica de la observación, descrita por Hanson (1958) mediante la distinción entre “ver qué” y “ver cómo”, afirma que los sujetos no solo perciben las impresiones sensibles, sino que su conocimiento previo, sus expectativas, prejuicios, etc. juegan un papel en la observación. De esta forma, toda observación estaría teóricamente cargada y no podría ser una base objetiva e independiente para la evaluación de las teorías científicas, lo que hace tambalearse la propia objetividad de la ciencia, además de dificultar la comparación interteórica (de hecho, Hanson considera que, debido a la carga teórica, existe siempre una cierta inconmensurabilidad y relativismo en las teorías). Más adelante, Kuhn (1962) incluiría diferencias en los métodos y patrones de resolución de problemas, lo que provocaría que los científicos de distintas tradiciones no solo tuviesen conceptos diferentes, sino que, al no partir de las mismas condiciones en la observación, realmente *verían* las cosas de forma distinta. Por su parte, la infradeterminación implica que siempre existirán elementos no empíricos a la hora de elegir entre teorías rivales ya que, para cualquier evidencia empírica finita, esta no puede clausurar la controversia (dado que para toda teoría explicativa de un fenómeno se puede establecer al menos una teoría empíricamente equivalente y que resulte incompatible con la primera).

⁷ Sarewitz (1996) defiende que existen en el informe de Bush (y las políticas públicas de ciencia y tecnología derivadas del mismo) cinco “mitos del sistema I+D”, a saber: mito de la autoridad, del beneficio infinito, de la investigación sin trabas, de la rendición de cuentas y de la frontera sin fin.

de recursos e instrumentos enormemente sofisticados y costosos; no resulta excesivamente atrevido afirmar que ha habido un profundo cambio en la práctica de la investigación científica (sea este considerado como sustancial o accidental⁸). Será Weinberg quien, en 1961, acuñe la expresión *Big Science*⁹ para referirse a este nuevo modo de hacer ciencia, que vendría descrito por características como el aumento de la burocratización, la formación de grandes equipos de investigación, la militarización o la necesidad de grandes instalaciones y centros de investigación, entre otras.

El ejemplo canónico de *Big Science* fue el Proyecto Manhattan, que culminó con la fabricación de la bomba atómica durante la Segunda Guerra Mundial; y su carta fundacional, por lo que se refiere a la relación con las políticas públicas (y, por extensión, con la sociedad) fue el informe de Vannevar Bush *Science, the Endless Frontier*, del año 1945. Una de las consecuencias más relevantes de este informe será el establecimiento de la relación entre ciencia, tecnología y sociedad bajo lo que se conoce como “modelo lineal de desarrollo”¹⁰, un modelo que ha venido inspirando las políticas públicas de ciencia y tecnología hasta hace pocos años. Dichas políticas estarían caracterizadas por la ausencia de intervención social en las agendas de investigación y por el conocido como “cheque en blanco para la ciencia”¹¹, así como por la llamada “inercia tecnológica”, la consideración *mítica* –de acuerdo con Daniel Sarewitz (1996) y sus cinco mitos del sistema I+D- de que los artefactos tecnológicos son un avance en sí mismos y, por tanto, deben desarrollarse tanto si se percibe su posible aplicación social como si no –argumento descrito posteriormente por José Sanmartín (1990) como “*lo que técnicamente se puede hacer, hay que hacerlo*”.

Son muchos los autores que, a partir de la distinción de Weinberg (1961), aceptarán que podemos hablar de una *little science* (la ciencia moderna anteriormente descrita) y de una *Big Science* (caracterizada por ser *ciencia a gran escala*, con fondos gubernamentales, etc.). Así por ejemplo, Javier Echeverría (2003), en *La revolución tecnocientífica*, se ocupa de la descripción de la *Big Science* y su evolución histórica con la pretensión de poner de relieve las líneas de demarcación entre ella y lo que él denomina “tecnociencia” (una evolución de la Gran Ciencia con algunos rasgos distintivos). De acuerdo con este autor, la *Big Science* surgiría en EE.UU. y, desde allí, se iría extendiendo a los demás países occidentales. Por tanto, mientras la ciencia moderna fue europea, la Gran Ciencia y la tecnociencia serían estadounidenses, y tienen mucho que ver con el actual papel predominante de este país a nivel internacional, tanto en el ámbito económico, como en el político, el militar, etc. (Echeverría, 2003).

⁸ Tomando estos conceptos en su sentido aristotélico más clásico, es decir, como afectando a la estructura más profunda de la ciencia o solo a algunos de sus rasgos externos.

⁹ Si bien fue Solla Price (1963), con *Big Science, Little Science*, quien la popularizó algunos años después.

¹⁰ Este modelo lineal se representa habitualmente mediante la fórmula “+ ciencia → + tecnología → + riqueza → + bienestar social”.

¹¹ La sociedad, por medio del Estado, debe limitarse a financiar la investigación básica y a esperar a que los resultados de la misma se traduzcan en aplicaciones tecnológicas beneficiosas.

Entre los rasgos más relevantes de la *Big Science*, con respecto a la ciencia moderna, Echeverría (2003) destaca que la primera concentró los recursos en unos pocos grandes centros de investigación (opuestos al tradicional laboratorio moderno, con poco equipamiento tecnológico, de trabajo individual y geográficamente diseminado). Además, se estrecharon enormemente las relaciones entre la ciencia y la tecnología, difuminando tremendamente los límites entre científicos e ingenieros. También, y mientras que la ciencia moderna realizaba una investigación que en principio no estaría en absoluto dirigida y de la que no podía esperarse un rendimiento sociopolítico, la *Big Science* vinculó los proyectos científico-tecnológicos con las cuestiones social y políticamente relevantes, encaminándolos al incremento del potencial militar e industrial del país, así como a su prestigio como nación. En este sentido, Echeverría afirma que:

Conviene tener presente que la tecnociencia no solo sirve para crear, descubrir, inventar y construir, sino también para aniquilar y destruir. Los vínculos entre la tecnociencia y las instituciones militares han sido y siguen siendo estrechísimos, y ello desde el origen de la macrociencia. Los seres humanos han desarrollado infinidad de conflictos bélicos a lo largo de la historia, pero la Segunda Guerra Mundial y las contiendas ulteriores en las que han participado los EE.UU. (Corea, Guerra Fría, Vietnam, Golfo Pérsico, Kosovo, Afganistán...) suponen una novedad radical: *la tecnociencia es una condición necesaria para la victoria militar* [cursivas del autor] (Echeverría, 2003, p. 13).

Además de los rasgos anteriormente mencionados, la Gran Ciencia también se politiza, se burocratiza, se industrializa y, por supuesto, crece. De hecho, habría sido precisamente el espectacular incremento de la producción científico-tecnológica y del número de sujetos implicados en ella, lo que habría hecho saltar las primeras alarmas acerca de la existencia de una nueva *modalidad* de ciencia (la *Big Science*) en los estudios de Weinberg (1961, 1972) y Solla Price (1963).

1.4 Cambios académicos y sociales en la concepción de la ciencia

Cuando en la década de los años 60 del siglo XX comienzan a alzarse las primeras voces en contra del modelo de desarrollo lineal (vinculadas, generalmente, a problemas medioambientales o de salud pública, a conflictos bélicos –como la Guerra de Vietnam- y a otros movimientos de protesta social de la época), la academia llevaba ya varios años mostrando sus insuficiencias y problemáticas. Con todo, el hecho de que fuesen poniéndose de manifiesto algunas de las consecuencias negativas de la tecnología y que los movimientos

contraculturales estadounidenses emprendiesen una lucha contra el sistema científico-tecnológico en busca de una mayor rendición de cuentas, fue uno de los aspectos más relevantes para la elaboración de nuevas líneas de actuación.

En algunos casos, la psicosis que provocaron los primeros accidentes nucleares, derramamientos de petróleo y otros desastres derivados o relacionados con el desarrollo científico-tecnológico tuvo como consecuencia que una parte de los sectores sociales desarrollasen un rechazo acrítico hacia la ciencia y la tecnología, incluso con algunos casos (aunque excepcionales) de tecnofobia¹². Dicho rechazo puede ser descrito mediante el denominado “síndrome de Frankenstein”:

El “síndrome de Frankenstein” hace referencia al temor de que las mismas fuerzas utilizadas para controlar la naturaleza se vuelvan contra nosotros destruyendo al ser humano. La bella novela de Mary Shelley, publicada en 1818, recoge estupendamente este temor. “Tú eres mi creador, pero yo soy tu señor”, le dice el monstruo a Víctor Frankenstein al final de la obra. Se trata de la misma inquietud expresada décadas después por H.G. Wells en *La isla del Dr. Moreau*, el científico que trataba de crear una raza híbrida de hombres y animales en una isla remota, y que consideraba estar trabajando al servicio de la ciencia y la humanidad. Sus engendros acaban volviéndose contra él y destruyéndolo (García Palacios *et al.*, 2001, p. 125).

El temor a que el conocimiento (o, más bien, el exceso de conocimiento) termine por destruir a la humanidad, no es, tal y como señalan estos autores, (García Palacios *et al.*, 2001) un patrimonio exclusivo de la literatura decimonónica, estando presente desde el mito judeocristiano del pecado original hasta buena parte de la literatura y cine de ciencia ficción actuales, en donde son frecuentes las distopías de origen científico o tecnológico. Ahora bien, no toda la reacción social contra el viejo modelo de ciencia (y, sobre todo, contra el *viejo* modelo de gestión de la ciencia) fue de este tipo. Por ejemplo, Rachel Carson denuncia en 1962 en su obra *Primavera silenciosa* que determinados productos químicos empleados habitualmente en la agricultura están teniendo efectos negativos sobre la naturaleza. El libro de Carson, considerado a menudo la obra fundacional de los movimientos ecologistas, es una reflexión profunda y bien argumentada acerca del uso indiscriminado de determinados artefactos tecnológicos, y una llamada de atención sobre la posibilidad de que existan efectos secundarios.

¹² Destaca, en este sentido, el tristemente famoso *Unabomber*. Theodore Kaczynski, más conocido como *Unabomber*, es uno de los iconos que caracterizan las posiciones tecnofóbicas (según las cuales el desarrollo científico y tecnológico nos conducirá inexorablemente hacia problemas de todo tipo: sociales, políticos y, especialmente, medioambientales). Después de una brillante carrera como matemático, Kaczynski envió entre 1979 y 1996 una serie de bombas a diferentes científicos e investigadores, provocando la muerte de tres de ellos e hiriendo a otros veintitrés. Aunque afortunadamente menos violenta en general, este tipo de actitud se puede encontrar a menudo en diferentes sectores sociales, especialmente entre algunos de los grupos ecologistas más radicales.

En todo caso, esta oposición social no dejaba de ser el reflejo de la insatisfacción que se había perfilado previamente en los ambientes académicos. Así, 1962 es también el año de la publicación de *La estructura de las revoluciones científicas* de Thomas Kuhn. Su descripción de la dinámica científica real tiene poco que ver con la imagen idealizada transmitida por los autores de la concepción heredada, ya que presenta una ciencia en la que las luchas de poder, los intereses personales y todo un amplio conjunto de factores no epistémicos juegan un destacado papel en su desarrollo. Kuhn (1962) critica especialmente la separación entre el contexto de descubrimiento y el de justificación, distinción desarrollada por Hans Reichenbach (1938) y que había permitido salvaguardar a la institución científica de la intromisión de los valores humanos, sociales, políticos, etc. durante varias décadas¹³. Precisamente por este motivo, Kuhn será considerado el punto de partida del conocido como “giro historicista”, un cambio de atención desde la estructura de las teorías científicas (propia del empirismo lógico) hacia la historia de la ciencia, que pondría al descubierto su dinámica interna real.

Con todo, y aunque fue Kuhn quien desencadenó finalmente la ruptura con la concepción heredada, como se ha venido afirmando, esta ya había mostrado insuficiencias años antes. Entre ellas, cabe destacar algunas de carácter interno (por ejemplo, el conocido como “problema de los términos disposicionales”¹⁴) y otras de carácter externo (las ya mencionadas carga teórica de la observación o la infradeterminación, por presentar quizá los dos ejemplos más relevantes). Sin embargo, no será hasta los años 80 del siglo XX cuando los cambios académicos y sociales comiencen a verse reflejados en la elaboración de las políticas públicas. A partir de este momento, el modelo lineal de innovación irá siendo sustituido por un nuevo paradigma, el modelo I+D+i¹⁵, y en el terreno político comenzará a plantearse la

¹³ La distinción entre el contexto de descubrimiento y el de justificación fue un verdadero *golpe maestro*, en el sentido de que, sin negar que los descubrimientos científicos no surgían siempre por la aplicación estricta del método científico en un laboratorio, consiguió dejar fuera del campo relevante de la ciencia (y, en consecuencia, al margen del estudio metacientífico) a todo tipo de componentes sociales, azarosos, personales, políticos, etc. Así, Reichenbach (1938) establece un contexto de descubrimiento, en el que todos estos factores se entremezclan y pueden incluso ser determinantes para llegar a un descubrimiento, y un contexto de justificación, donde se desarrolla la verdadera labor científica y en el cual los investigadores se ocupan solo de la justificación racional de sus teorías, que viene determinada por su estructura.

¹⁴ La que se conoce como versión inicial de la concepción heredada establecía cinco condiciones que las teorías científicas debían cumplir para ser consideradas como tales. La más conflictiva de ellas fue la última, a saber, el denominado “criterio verificacionista”, que establecía que debía darse una definición explícita de los términos teóricos de una teoría en función del vocabulario observacional de la misma, a través de una serie de reglas de correspondencia que los pusieran en relación de manera inequívoca. Sin embargo, los propios empiristas lógicos comprendieron la necesidad de rebajar esta condición a causa del problema de los términos disposicionales (aquellos que enuncian disposiciones, y no propiedades actuales de los objetos), ya que, al hacer referencia a propiedades inobservables, no eran susceptibles de una definición de este tipo. Por ejemplo, uno de estos términos es “frágil” y el problema, a grandes rasgos, estriba en que, de un cuerpo que no esté roto, no puede decirse explícitamente, en términos observacionales, que sea frágil.

¹⁵ El llamado “modelo I+D+i” (Investigación + Desarrollo + innovación) ha sustituido en la actualidad al modelo lineal en la orientación de las políticas públicas de ciencia y tecnología. Este modelo pone una especial atención, además de en la investigación básica y el desarrollo de aplicaciones a partir de ella, en

necesidad de establecer un cierto control y orientación sociales sobre los desarrollos, asumiendo que existen riesgos potenciales y ampliando paulatinamente el papel de la ciudadanía en la toma de decisiones.

1.5 Los estudios sociales de la ciencia

Los dos tipos de reacciones (académica y social) que se acaban de describir han conducido, en las últimas décadas, a la conformación de un nuevo campo de trabajo académico: los estudios sociales de la ciencia. Este enfoque, siguiendo a Edge (1995), ha realizado aportaciones significativas en su esfuerzo desmitificador de la imagen tradicional de la ciencia y la tecnología especialmente en dos aspectos: la necesidad de una aproximación crítica e interdisciplinar, que incluya los aspectos sociales (anteriormente considerados como externos a ellas) y la concepción de la ciencia y la tecnología como dinámicas evolutivas, y no como meros productos o como el resultado de la aplicación de un método o del ingenio humano.

La tónica general en este movimiento ha sido, por tanto, el reconocimiento de la necesidad de realizar un estudio interdisciplinar y crítico acerca de la ciencia y la tecnología que incluya aspectos que han venido quedando relegados por considerarse externos al ámbito concreto de trabajo: los condicionantes sociales. Además, se pondría el acento en la consideración de la ciencia como una dinámica, y no como un mero producto, que se determina mediante un proceso evolutivo (es decir, se incorpora el denominado “giro naturalista” en filosofía de la ciencia¹⁶). Finalmente, se asume que la infradeterminación en ciencia afecta también a las decisiones políticas basadas en ella, lo que hace que sea necesaria la creación de nuevos instrumentos de crítica y control.

el aspecto productivo y la obtención de nuevos productos, procesos o sistemas de organización (innovación).

¹⁶ Generalmente, se considera que el enfoque naturalista nace con Quine y su intento de elaborar una *epistemología naturalizada* (es decir, una especie de ciencia del conocimiento), intento con amplia repercusión en la filosofía de la ciencia contemporánea. Su característica más relevante es la consideración de que es necesario realizar una contextualización social de la ciencia, incluyendo en las reflexiones aspectos que anteriormente habrían permanecido al margen del marco interpretativo. Dentro del naturalismo se enmarcan algunos autores claramente relativistas, como Barnes o Bloor, aunque esta posición extrema es evitada por muchos otros, como Longino o Shrader-Frechette. Para más información acerca de esta cuestión, véase, por ejemplo, González García *et al.* (1996).

NUEVOS MODOS DE PRODUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO

2.1 Introducción

Como se ha señalado anteriormente, la existencia efectiva de algo que podamos llamar un *nuevo* “modo de producción del conocimiento científico-tecnológico” (o una nueva ciencia y una nueva tecnología, diferentes de sus correlatos modernos nacidos a partir de la Revolución Científica y la Revolución Industrial, respectivamente) puede resultar relevante para la defensa de la necesidad de una nueva regulación política y social de dicho conocimiento. De este modo, y en tanto que institución diferente (e, incluso, con algunas características sustancialmente opuestas a la anterior) una *nueva ciencia* reclamaría también nuevos modelos de gestión y de relación con la sociedad.

En cualquier caso, y tras un cierto auge en la década de los años 90 del pasado siglo, el debate académico en torno a esta cuestión parece haber sido, más que clausurado, asumido implícitamente desde el campo de los estudios sociales de la ciencia. Así, palabras como “tecnociencia” (que, finalmente, parece haberse convertido en la etiqueta más exitosa) han pasado a formar parte del acervo común en artículos, conferencias y proyectos de investigación. Ciertamente, la interiorización de estos conceptos supone ya una aceptación no expresa de la existencia de una modificación cualitativa en la producción científica y tecnológica. Sin embargo, es posible que el abandono del debate responda, realmente, más que a un acuerdo tácito en la comunidad académica, al hecho de que, a la postre, es posible aceptar la descripción del nuevo modo de producción de conocimiento y asumir sus consecuencias para el análisis, gestión y evaluación del cambio técnico sin aceptar una transformación radical u ontológica en la ciencia y la tecnología. De este modo, sea

considerada como una mera evolución de la ciencia moderna o como una institución nueva, la ciencia contemporánea ha de enfrentar, en términos generales, los retos planteados a partir de estas descripciones.

Con todo, obviar el debate conlleva a menudo ignorar también algunos de los antecedentes y características que han sido el origen de estas nociones (aspectos que, finalmente, podrían terminar presentándose como problemáticos). Es por ello que el repaso conceptual aquí realizado no se considera estéril, sino necesario para una utilización precisa de los argumentos a favor de una gestión más adecuada del conocimiento científico y tecnológico y de sus productos. En este sentido, quizá una de las fuentes más a menudo olvidadas tiene que ver con las reminiscencias marxistas de la propia expresión “modo de producción” que, sin embargo, pone de manifiesto algunos aspectos relevantes que conviene revisar, aunque sea de forma somera.

Entre los más destacados cabe mencionar que, para hablar *sensu stricto* de un nuevo modo de producción (de conocimiento, en este caso), ha de ser posible apreciar determinados rasgos distintivos con respecto al modo de producción que le precede (la historia de la ciencia, bajo esta lectura, vendría conformada entonces por una sucesión de modos de producción de conocimiento cuya sustitución tendría consecuencias fundamentales para las relaciones entre agentes, con el entorno y con el cambio social). De este modo, por un lado, debería ser posible localizar una relación significativamente distinta con la naturaleza. Por otro, el nuevo modo de producción debería dar lugar a necesidades nuevas, nuevos instrumentos y nuevas relaciones de producción. Finalmente, su aparición debiera de generar cambios en la superestructura de la ciencia. En este sentido, y tomando el surgimiento de la *Big Science* como punto de inflexión –en línea con las propuestas de autores como Weinberg (1961) o Echeverría (2003), entre otros-, parece posible afirmar que efectivamente existen problemas o necesidades distintas en nuestra actual producción científico-tecnológica que en la ciencia y tecnología modernas. Así, por ejemplo, resulta en la actualidad complicado determinar dónde un problema deja de ser científico para convertirse en una cuestión tecnológica, dos esferas que durante la Modernidad estarían, de acuerdo con la descripción realizada en el capítulo anterior, más claramente delimitadas. Algo similar sucede con los instrumentos: mientras la ciencia moderna no parece necesitarlos como elemento constitutivo¹⁷, la producción contemporánea difícilmente puede concebirse, desarrollarse o resolver sus retos al margen de los sofisticados equipos y tecnologías que le sirven de soporte. Ambas circunstancias, habrían dado origen a un destacable cambio en las relaciones de producción de la ciencia y la tecnología; así, es posible mencionar, por ejemplo, la interacción cada vez más estrecha entre investigación y empresa, la atención creciente hacia la innovación, la protección de resultados de investigación, la militarización, etc. Todos estos fenómenos implican modificaciones en cuanto a la *propiedad* de los medios de producción, que pasaría de las manos de los científicos y tecnólogos a una multiplicidad de agentes entre los que pueden encontrarse políticos, empresarios, militares y otros grupos de interés. Por lo que respecta a la relación con la naturaleza, si bien la ciencia

¹⁷ Por más que fuese su utilización la que permitió el despegue de buena parte de las disciplinas (véase, por ejemplo, Brown, 2009).

moderna pretendía, sobre todo, medirla, manipularla y conocerla; la investigación contemporánea se extiende más allá en varios sentidos: por un lado, ampliando el campo de manipulación, medida y conocimiento hacia la propia sociedad; por otro, extendiendo el rango de sus potenciales efectos sobre el entorno, que transgreden las tradicionales fronteras espaciales y temporales.

Como se ha venido señalando, han sido varios los autores que han realizado aportaciones relevantes al debate en torno a la existencia de un nuevo modo de producción de conocimiento científico y tecnológico, ya casi desde el mismo surgimiento de la *Big Science*. Así, el propio Weinberg (1961, 1972), que acuñó la expresión, se ocupó de describir las nuevas características y repercusiones que se destilaban de la Gran ciencia. Algunas décadas más tarde, autores como Funtowicz y Ravetz (1993), Gibbons y sus colaboradores (1994), Jasanoff (1995), Ziman (1998) o Echeverría (2003) han propuesto caracterizaciones para una práctica científica y tecnológica que consideran que no se ajusta a los viejos esquemas explicativos empleados para identificar a la ciencia moderna. Desde luego, un estudio pormenorizado de todos estos autores excedería el marco de este trabajo; con todo, se ha considerado importante realizar un repaso relativamente exhaustivo de sus propuestas al respecto, con el propósito de determinar si hay indicios suficientes para afirmar que, al menos en el caso de algunas de las prácticas científico-tecnológicas actuales, se ha excedido el ámbito de la *little science*¹⁸. Ahora bien, si esto es así, parece bastante plausible que los modelos tradicionalmente empleados para gestionar la ciencia moderna se encuentren igualmente desbordados.

A modo orientativo, se han clasificado las propuestas de los autores mencionados en tres grandes categorías, por considerar que cada uno de los pares de conceptos propuestos comparte el punto central de su descripción; a saber, el reconocimiento de una cierta *degradación* en la práctica científica y tecnológica –Weinberg (1961, 1972) y Ziman (1998)-, la situación de la vertiente política de la ciencia y la tecnología en el eje central de la discusión –Funtowicz y Ravetz (1993) y Jasanoff (1995)- y, finalmente, la concesión de un papel especialmente destacado a la relación entre la ciencia y la tecnología, especialmente, con las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (TICs) –Gibbons (1994) y Echeverría (2003).

En efecto, se considera que es posible hablar de cierta *degradación* de los valores tradicionales conferidos a la ciencia y la tecnología, en tanto que, como los estudios sociales de la ciencia han puesto de manifiesto, ya no resulta posible mantener su privilegio epistémico como una forma de conocimiento exenta de valores sociales, políticos o de cualquier otro tipo y dirigida únicamente por un desinteresado afán de conocimiento. De hecho, los tradicionales valores asociados con la ciencia (simplicidad, potencia explicativa, precisión, etc.) parecen

¹⁸ En cualquier caso, este trabajo defenderá que, en última instancia, lo verdaderamente relevante será la adecuación de las nuevas características descritas a la dinámica real de la práctica científica, considerándose hasta cierto punto tangencial si constituyen una mera profundización en el análisis o bien ofrecen argumentos suficientes a favor de un cambio ontológico (debate que, por otra parte, no ha sido clausurado en la literatura académica al respecto).

haber cedido su omnipresencia en favor de un importante espacio para los desacuerdos y las incertidumbres. Por otra parte, el papel político de esta nueva institución es fundamental a la hora de caracterizarla, en tanto que sujeta ella misma a las políticas públicas, pero también a causa de su rol asesor para la toma de decisiones e, incluso, como punto de origen de algunos problemas políticos¹⁹. Finalmente, parece igualmente asumible que la ciencia contemporánea sería impracticable en ausencia de las nuevas tecnologías empleadas en los procesos y, si bien la asociación entre ciencia y *aparatos* está presente ya en los albores de la Revolución Científica, tal y como señala Brown (2009)²⁰, en la actualidad, la interdependencia de ambas se ha vuelto significativamente más acusada.

Así, y aunque existen marcadas diferencias en las aportaciones del conjunto de autores mencionados (que se analizarán en detalle en los apartados siguientes), es posible afirmar que comparten un cuerpo común que podría resumirse del modo siguiente: aproximadamente desde la Segunda Guerra Mundial, se constata la aparición de un tipo de práctica científico-tecnológica que excede los esquemas de descripción empleados para la ciencia moderna. Dichos cambios se considerarán tan relevantes que conducirán a la afirmación de la existencia de un nuevo modo de producción de conocimiento²¹; lo que significa, no solo que se presentan distintas dinámicas de resolución de problemas, sino también de identificación de los mismos, así como de relación con la sociedad y con el medio ambiente. Pero la nota realmente distintiva, será la necesidad de hacer frente a problemas en los que la incertidumbre epistémica juega un papel destacado, impidiendo así su resolución en términos puramente científicos o tecnológicos. Como consecuencia, la producción contemporánea de conocimiento vendrá caracterizada por el disenso y el conflicto entre expertos, así como por la existencia de lagunas de conocimiento insalvables. Por ello, el conjunto de autores que aborda esta temática afirmará, en mayor o menor medida, la necesidad de una gestión alternativa de dicho modo y de sus productos. La propuesta más extendida pasará, en términos generales, por la inclusión de mayor número de participantes en los procesos de identificación, evaluación y gestión de resultados de investigación que, mediante la incorporación de componentes valorativos y éticos, permitan modular las mencionadas lagunas epistémicas y faciliten una toma de decisiones más adecuada y socialmente responsable.

¹⁹ En este sentido pensemos, por ejemplo, en la reclamación de responsabilidades políticas derivadas de accidentes industriales, vertidos e, incluso, derivados de la gestión técnica de determinados desastres naturales (terremotos, huracanes, erupciones volcánicas, etc.), que se han sucedido en las últimas décadas en numerosos países.

²⁰ Por ejemplo, con el empleo del telescopio por parte de Galileo o con la generalización en el uso de instrumentos para la investigación científica a partir de la creación de la Royal Society británica - corriente que Brown (2009) denominará "experimentalismo" y que distinguirá del campo, más amplio, del empirismo.

²¹ Que conviviría, y aún convive, con parcelas cada vez más estrechas de ciencia básica o aún netamente *moderna*.

2.2 Ciencia *degradada*: transcencia y ciencia postacadémica

2.2.1 Alvin M. Weinberg

El pionero en este debate es Alvin Weinberg quien, en su artículo “Science and Trans-Science”, del año 1972, afirmará que la relación tradicionalmente aceptada entre ciencia y sociedad debe ser replanteada, al menos en algunos casos, debido a la aparición de un nuevo tipo de problemas, que él denominará “transcientíficos” y que, en su opinión, hacen poner en duda el asumido y privilegiado papel asesor de la ciencia a la hora de resolver conflictos políticos. Hasta ese momento, era un lugar común la idea de que la ciencia desempeñaba un papel fructífero en la mediación de conflictos políticos (es decir, que tenía un relevante rol asesor para la toma de decisiones), sobre todo en aquellos casos relacionados con los propios desarrollos científico-tecnológicos. De acuerdo con esta concepción, la ciencia proporcionaba el cómo (los medios y el conocimiento) y la política debía decidir los fines (la implantación o no de dichos medios). Sin embargo, la relación no resulta tan sencilla como este enfoque presupone. De acuerdo con Weinberg (1972) estaríamos asistiendo al surgimiento de cuestiones que proceden de la ciencia pero, en cambio, no pueden ser resueltas por ella ya que la trascienden (de ahí su denominación de este tipo de problemas). Ahora bien, si esto es así, el papel de los científicos como asesores para la toma de decisiones en materia de políticas públicas no puede ser el mismo cuando esas decisiones conciernen a aspectos netamente científicos que cuando se refieren a problemas transcientíficos.

Estos problemas surgirían, en una versión atenuada de la transcencia, cuando su resolución requiere de recursos y tiempo que, en la práctica, no pueden destinarse a estos fines. Más específicamente, y tratándose ya de cuestiones netamente transcientíficas, Weinberg (1972) aludirá a las resultantes del trabajo con extrapolaciones de prototipos o simulaciones de laboratorio al mundo real, cuando se abordan problemas característicos de las ciencias sociales o, finalmente, cuando remiten a cuestiones axiológicas de fondo. En los tres casos, se ha de hacer frente a un cierto nivel de incertidumbre que no puede ser completamente controlado y, además, no puede resolverse dentro del discurso científico (Weinberg, 1972).

Por tanto, uno de los rasgos significativos de las cuestiones transcientíficas es que, a menudo, requieren, para obtener datos precisos, de experimentos tan grandes y costosos cuya realización, bien sea por cuestión de recursos o de tiempo, es imposible, por lo que únicamente se puede disponer de datos aproximados. Este rango de problemas constituiría, como se ha dicho, un primer *pseudotipo* de cuestiones transcientíficas que, en palabras del propio Weinberg, “*although they could conceivably be answered according to strict scientific cannons if enough time and money were spent on them, to do so would be impractical*” (Weinberg, 1972, p. 211). En este caso, el problema no radica tanto en la naturaleza de las propias cuestiones transcientíficas como en la imposibilidad práctica de llevar a cabo las investigaciones exhaustivas que requieren.

Sin embargo, Weinberg (1972) reconoce también, como se ha señalado, un tipo de transciencecia mucho más profundo (y, además, inevitable), que se da a tres niveles: 1) al extrapolar los datos de prototipos o simulaciones de laboratorio al mundo real, lo que da siempre lugar a una cierta incertidumbre que no podrá ser reducida nunca completamente (y que se suma al anteriormente mencionado problema de no disponer de recursos y tiempo infinitos para la elaboración de resultados); 2) al enfrentarse a los problemas de las ciencias sociales, donde las cuestiones transciencecias son muy frecuentes ya que, al tener a los seres humanos como objeto de estudio, no pueden alcanzar una precisión como la de las ciencias naturales (pues, mientras que un objeto físico se comporta siempre del mismo modo, no ocurre así con las personas o las sociedades, lo que implica que se ha de trabajar siempre con estimaciones: las limitaciones predictivas de las ciencias sociales son inherentes a su objeto de estudio y no podrán ser resueltas por mucho grado de madurez que alcancen²²); y, finalmente, 3) las relacionadas con lo que denomina “axiología de la ciencia”, que define como “*questions of ‘scientific value’ which include the problem of establishing priorities within science*” (Weinberg, 1972, p. 213) y que implican juicios estéticos y morales (la elección entre, por ejemplo, ciencia pura y aplicada, general o particular, etc.). Estos tres tipos de preguntas, de acuerdo con el autor, no se pueden resolver dentro del discurso científico, ya que claramente lo trascienden (por más que se hayan generado dentro de la ciencia). Así, Weinberg afirmará que:

In the first case (low-level insult), science is inadequate simply because to get answers would be impractically expensive. In the second case (social sciences), science is inadequate simply because the subject-matter is too variable to allow rationalization according to the strict scientific canons established within the natural sciences. And in the third case (choice in science), science is inadequate simply because the issues themselves involve moral and aesthetic judgments: they deal not with what is true but rather with what is valuable (Weinberg, 1972, p. 213).

Ahora bien, todo nuevo desarrollo científico o tecnológico requiere de una valoración sobre sus riesgos y beneficios y acerca de su calidad. En el caso de las cuestiones transciencecias, la revisión entre pares y los otros mecanismos tradicionales de control en ciencia son insuficientes. De hecho, y según Weinberg (1972), a veces el proceso político de toma de decisiones establece las prioridades (generalmente, en función de los poderes e intereses en juego), tanto apelando a aspectos valorativos, que nada tienen que ver con la propia ciencia (como el número de votos que se espera obtener con una determinada iniciativa o la devolución de favores), como a otras de carácter más científico (que, sin embargo, encubren a menudo un interés por justificar las acciones anteriormente mencionadas).

²² Desde la perspectiva de la concepción heredada, la cuestión acerca del *grado de madurez* de una ciencia ha sido a menudo considerada el elemento fundamental para su calidad: cuanto más madura sea una ciencia, más precisa y estable será.

Pero entonces, ¿cómo hacer frente a las cuestiones transc científicas? Ante este tipo de preguntas (y exclusivamente ante ellas²³), Weinberg (1972) defenderá que la mejor forma de garantizar la calidad de las decisiones es someter las cuestiones a la confrontación entre expertos y legos, por medio de encuentros informales públicos o privados en los que se discutan las posiciones opuestas y se permita interactuar a los diferentes puntos de vista, tratando de alcanzar de este modo un cierto consenso que permita superar las cuestiones transc científicas. Aunque este sistema no garantice la *precisión científica*, en las cuestiones transc científicas, señalará este autor, nadie puede hacerlo. Por ello, la adecuación del mecanismo dependerá, según Weinberg, de si las cuestiones tratadas son verdaderamente transc científicas (en cuyo caso podría ser la mejor alternativa disponible) o no.

Por tanto, Weinberg (1972) considera que la aportación ciudadana a la resolución de cuestiones relacionadas con la ciencia y la tecnología (o mejor, de cuestiones transc científicas y transtecnológicas) puede ser una herramienta útil para la gestión de nuestra investigación contemporánea. De hecho, la valora hasta el punto de que ejemplifica con el caso de EE.UU. y la antigua U.R.S.S. cómo la opinión pública ha fomentado en el primer país una mejor gestión nuclear, mientras que el no sometimiento a debate público en la antigua Unión Soviética ha sido perjudicial en este sentido (Weinberg, 1972, pp. 213-217). Así, de acuerdo con Weinberg, cuando termina la ciencia y comienza la transciencia es el momento de abrir la puerta a las cuestiones éticas y valorativas, con el objetivo de generar regulaciones más acordes a las necesidades sociales y paliar la incertidumbre que, necesariamente, estará presente.

Sin embargo, la participación pública también presenta inconvenientes. Por una parte, los expertos no suelen encontrarse nada conformes con la nueva situación de pérdida de autoridad y sienten amenazada la autonomía de la *república de la ciencia* (el propio autor advertirá acerca de lo peligroso de permitir el intrusismo social en este círculo). Otro riesgo es la posibilidad de distorsión o exageración acerca de las consecuencias de las cuestiones sometidas a debate, que podría causar un rechazo popular injustificado (como habría ocurrido, de acuerdo con los expertos, en el caso de la energía nuclear)²⁴. Con todo, Weinberg (1972) considera que la discusión pública generará regulaciones más adecuadas y servirá como un mecanismo paliativo de la incertidumbre propia de la transciencia, al aportar a la toma de decisiones criterios valorativos, éticos, estéticos, etc. que deben ser sopesados y que la ciencia no puede proporcionar. Entonces, ¿cuál sería el papel del científico en el debate sobre la transciencia? De acuerdo con Weinberg (1972), dejar claro dónde termina la ciencia y comienza la transciencia, algo que resulta en ocasiones muy difícil de determinar.

La reflexión de Weinberg en torno a estas cuestiones habría comenzado en realidad una década antes. Así, once años antes de publicar "Science and Trans-Science", Weinberg

²³ Weinberg (1972), de hecho, será un firme defensor del control interno de calidad de la ciencia como garantía suficiente en condiciones no transc científicas.

²⁴ De acuerdo con la descripción realizada por Roberts (2004), son seis en realidad los problemas o dilemas a los que ha de hacer frente la participación ciudadana (directa): el dilema del tamaño, el de los grupos oprimidos o excluidos, el del riesgo, el de la tecnología y los expertos, el del tiempo y el del bien común.

(1961) escribía “Impact of Large-Scale Science on the United States”, donde trataba de analizar las consecuencias de la emergencia de la *Big Science*, algo que resulta especialmente relevante considerando que es en este contexto donde aparecerán las que denominará más adelante “cuestiones transcientíficas”.

Según Weinberg (1961), del mismo modo que las civilizaciones antiguas construyeron grandes monumentos como símbolo de su poder (desde las pirámides hasta el palacio de Versalles), en nuestra sociedad la Gran Ciencia y sus complejos desarrollos se usan como muestra del poderío y prestigio de un país –idea que, como se verá más adelante, comparte con Javier Echeverría (2003)-. Ahora bien:

[...] the emergence of Big Science and its tools as a supreme outward expression of our culture's aspirations has created many difficult problems, both philosophic and practical. Some of the problems concern science itself, some the relation between science and our society (Weinberg, 1961, p. 161).

De esta forma, y si bien no son equivalentes, Gran Ciencia y transciencia se perfilan ya como nuevos y problemáticos modos de generación de conocimiento que rebasan el terreno seguro de la ciencia y tecnología modernas y cuya interacción con la sociedad se configura de un modo más complejo. Su reflexión girará, en concreto, en torno a tres preguntas: ¿está la Gran Ciencia terminando con la ciencia?, ¿nos está arruinando económicamente? y ¿deberíamos atender especialmente a las cuestiones científicas que conllevan mayor bienestar social, antes que a las *obras faraónicas* (como, por ejemplo, la carrera espacial)?; es decir, ¿es posible dirigir el desarrollo de la Gran Ciencia? (Weinberg, 1961).

Por lo que se refiere a la primera cuestión, la posición del autor es bastante pesimista. Considera que, efectivamente, algunas características de la *Big Science* (como la necesidad de grandes fondos o de publicidad) son incompatibles con el método científico, ya que salpican el trabajo de los investigadores con las labores de gestión, propaganda, etc. y rebajan los estándares científicos. La situación degenera hasta tal punto, en su opinión, que la calidad decrece y se comienza a atender más a la aprobación de los gestores que a la revisión entre pares. Con todo, Weinberg (1961) afirmará que, para bien o para mal, la Gran Ciencia ha venido para quedarse y es una especie de estado de evolución de la ciencia que resulta *inevitable*.

Así, la necesidad de grandes laboratorios y aparatos que caracteriza a la *Big Science*, de acuerdo con este autor, está invadiendo preocupantemente las universidades, lo que podría tener como consecuencia que los profesores, hasta ahora científicos o pensadores, comiencen a transformarse igualmente en propagandistas, administradores, etc. Dicha situación terminaría por aniquilar la escasa ciencia tradicional, que está estrechamente vinculada con estas instituciones tanto en lo que respecta a la investigación como en la transmisión del conocimiento. Por ello, Weinberg (1961) opina que debería tenerse un cuidado especial con respecto al mantenimiento de la ciencia moderna, tratando de evitar que se viese *contaminada* por la Gran ciencia, especialmente en sus feudos más tradicionales, y

preservando cuidadosamente los niveles de calidad de la producción científica y de la docencia.

En cuanto a la segunda de las cuestiones que Weinberg (1961) se plantea, el autor constata que el presupuesto estatal destinado en EE.UU. a la *Big Science* ha crecido enormemente en los últimos tiempos (recordemos que su artículo es de principios de los años 60) y que, de mantenerse el mencionado crecimiento, en sesenta y cinco años habría que destinar el 100% del PIB del país a ciencia y tecnología²⁵. Por lo tanto, efectivamente, concluye Weinberg, la Gran Ciencia arruinaría económicamente a EE.UU. si no se alterasen los esquemas seguidos hasta el momento. Para evitarlo, propone la adopción de una política similar a la que se aplica para el gasto en defensa, donde se establece un porcentaje tope que es posible adjudicar del total del presupuesto (Weinberg, 1961).

Enlazando directamente con la tercera pregunta, esto implicaría necesariamente establecer preferencias por lo que respecta a las actividades que se financian y a las que no, lo que haría a su vez necesario reclamar una mayor atención para campos, disciplinas o proyectos específicos que potencialmente tuviesen una repercusión más beneficiosa en la sociedad; pasando a un segundo plano el prestigio en lo que denomina, aludiendo a la competencia directa con los soviéticos, unos “Juegos Olímpicos científicos”. De este modo, Weinberg abre ya tímidamente la puerta a un control político y social de la ciencia y la tecnología al afirmar que *“I suspect that most of Americans would prefer to belong to the society which first gave the world a cure for cancer than to the society which put the first astronaut on Mars”* (Weinberg, 1961, p. 164).

Por tanto, y ya desde su primera reflexión sobre la *Big Science*, puesta en mayor medida de manifiesto por medio de su propuesta de resolución de conflictos relativos a cuestiones transcientíficas, Weinberg (1961, 1972) señala cómo los patrones tradicionales de gestión de la ciencia han entrado en crisis y reclaman de mayor intervención social. Este será, como se irá presentando a lo largo de este capítulo, uno de los denominadores comunes entre los diferentes autores tratados.

2.2.2 John Ziman

Ziman (1998), por su parte, afirma que la ciencia es social, es decir, incluye en ella todo el conjunto de prácticas sociales y epistémicas en las que las creencias científicas surgen y se mantienen. Esto significa que la ciencia evoluciona, en tanto que vinculada a las sociedades. De hecho, el autor sostendrá que la ciencia *“está cambiando rápidamente, como institución y como profesión”* (Ziman, 1998, p. 9). Según él, por tanto, la ciencia es, en primer lugar, una peculiar institución social, que construye un cuerpo de conocimiento que es objetivo en tanto

²⁵ A conclusiones similares llegará Solla Price (1963) en su “ley de crecimiento exponencial” y su “ley de saturación”.

que es socialmente estable. Una de sus características más relevantes sería su dimensión práctica, es decir, el hecho de que produce conocimiento sobre algún aspecto concreto. De este modo, en sus propias palabras, “*la historia de la ciencia se puede presentar como una búsqueda progresivamente detallada y sistemática, normalmente dirigida a conseguir unos medios cada vez más sofisticados y poderosos para resolver problemas*” (Ziman, 1998, p. 25). Ahora bien, lo más distintivo de la ciencia (al menos, tal y como la hemos conocido hasta hace pocos años), lo claramente definitorio, sería su carácter académico; es decir, el ser un tipo de cultura que se transmite en las universidades por medio del aprendizaje de determinadas tradiciones.

Como cualquier otra forma cultural, la ciencia académica tiene una *historia* de desarrollo y cambio. Muchos de sus rasgos más característicos se remontan a la revolución científica del siglo XVII, o incluso a antes. Esencialmente, su forma moderna emergió en la Europa occidental en la primera mitad del siglo XIX. Desde entonces, ha evolucionado como una actividad social coherente y elaborada, cada vez más integrada en la sociedad. De esta manera la ciencia ha crecido y se ha extendido por el mundo como una *subcultura* característica de la cultura general de la *modernidad* [cursivas del autor] (Ziman, 1998, p. 35).

La ciencia académica así descrita está muy extendida tanto geográfica como temporalmente, aunque ello no impide que sea uniforme en cuanto a sus prácticas, característica que le permite la intercomunicación entre investigadores de procedencias diversas. Además, se organiza en torno a disciplinas y tiene mecanismos rígidos de evaluación y publicación de resultados. Los científicos constituyen una comunidad, en tanto que comparten valores, objetivos y tradiciones; si bien las diferencias disciplinarias hacen de dicha comunidad más un ideal que algo real. La institución constituida de esta forma se habría perpetuado en el tiempo de la mano de una serie de normas no escritas²⁶ que serían el canon en torno al que se evaluaría la actividad científica y se conseguiría el reconocimiento de la comunidad, ya que describen el ideal de lo que la ciencia, en tanto que *modo de producción de conocimiento*²⁷, debería ser. La ciencia académica así desarrollada en las universidades entre 1850 y 1950 no es solo un ideal para sí misma, sino también para la sociedad, y se ha convertido en nuestro estándar de institución epistémica -aquello en lo que pensamos de forma espontánea cuando pensamos en *ciencia*- (Ziman, 1998).

Ahora bien, señala Ziman, “*la ciencia real –incluso el tipo de ciencia que se hace en las universidades- se desvía cada vez más del modo académico establecido*” (Ziman, 1998, p. 67), dado que ha aparecido un nuevo tipo de conocimiento científico que parece estar desbancando a la ciencia académica y cuya emergencia conlleva cambios estructurales en el modelo y en las relaciones entre esta institución y la sociedad. Así,

²⁶ Y que Merton (1942) resumió bajo el acrónimo CUDEOS (comunitarismo, universalismo, desinterés, escepticismo y originalidad).

²⁷ Ziman (1998) será uno de los autores que emplee, explícitamente, esta etiqueta.

[...] nuestro concepto general de <<ciencia>> está sufriendo una transformación radical. Nuestro ideal está cambiando ante nuestros ojos y se está convirtiendo en algo nuevo –en *ciencia post-académica*- que desempeña un nuevo rol en la sociedad y está regulado por un nuevo *ethos* y una nueva filosofía de la naturaleza [cursivas del autor] (Ziman, 2003, p. 68).

Una muestra bastante evidente es la dificultad para compatibilizar los ideales del CUDEOS con, por ejemplo, las patentes o el secreto industrial, los equipos interdisciplinarios, etc. Ziman (1998) constata, por tanto, cómo en las últimas décadas se ha producido una clara ruptura con la tradición y la cultura anteriores que han afectado a prácticamente toda la institución científica: tanto en lo que se refiere a la elección de problemas (en función de las posibilidades de financiación), como en su resolución (interdisciplinar), las condiciones de trabajo (contratos de investigación, proyectos...) o los criterios de éxito (obtener financiación para una investigación). Así, en opinión de este autor, estaríamos asistiendo a una redefinición de la ciencia y de su relación con la sociedad.

De acuerdo con Ziman (1998), la ciencia postacadémica no es algo transitorio, sino una evolución exitosa de la ciencia académica, iniciada en torno a los años 60 del siglo XX y modulada por la necesidad de resolver nuevos tipos de problemas y por las circunstancias cambiantes. Al contrario que otros autores, que consideran que los cambios observados en la dinámica científica no son realmente sustanciales, Ziman (1998) opina que, aunque efectivamente hay una línea evolutiva entre la ciencia académica y la postacadémica, sus diferencias culturales y epistemológicas las hacen realmente diferentes, dos maneras distintas de abordar el conocimiento.

Prestando atención a los nuevos rasgos de la ciencia (o, mejor, a la ciencia postacadémica), la gradual importancia adquirida por los instrumentos sería, de acuerdo con el autor, uno de los más relevantes. Estos aparatos, además, se habrían ido haciendo cada vez más caros, lo que ha propiciado una colectivización de la investigación, ya que es necesario que muchos científicos compartan los recursos debido a su alto coste. Pero la interacción no se queda aquí: las grandes redes son necesarias para el buen funcionamiento de las investigaciones y no solo se limitan a la necesidad de compartir los recursos. Además, la utilización de este complejo material y la organización de los grupos de investigación ha fomentado una especialización del trabajo y una interdisciplinariedad no presentes en la ciencia académica (Ziman, 1998).

Por otro lado, la necesaria limitación del espectacular crecimiento de la institución científica en los últimos trescientos años (y, sobre todo, en la primera mitad del siglo XX), crecimiento que no podría ser soportado –como ya advertiesen Weinberg (1961) y Solla Price (1963) décadas antes-, hizo que fuese necesario retirar poco a poco el apoyo económico estatal a la ciencia académica y que se comenzase a plantear la necesidad de una rendición de cuentas; aspectos todos ellos que, evidentemente, tuvieron su repercusión en el modo de hacer ciencia. Además, también cobró cada vez más importancia la utilidad de las investigaciones, en parte como consecuencia del recorte presupuestario que se acaba de

mencionar y que recrudeció la lucha por los recursos (Ziman, 1998). Una consecuencia *sorprendente* de esta situación, de acuerdo con el autor, ha sido la tímida apertura de un campo de trabajo para la ética en el contexto de la ciencia:

La utilidad es un concepto moral. No puede ser determinada sin hacer referencia a los objetivos y valores humanos más generales. No cabe esperar que los científicos estén al tanto de las posibles aplicaciones prácticas de sus investigaciones mientras hacen caso omiso de las consideraciones éticas. Hasta hace poco, los científicos académicos podían rechazar la <<responsabilidad social de la ciencia>> aduciendo que no sabían –ni les preocupaba– nada acerca de las aplicaciones de sus trabajos, de manera que no se sentían involucrados ni culpables si estos eran utilizados por la industria militar, para ejercer presiones políticas o económicas, para la degradación medioambiental u otras actividades reprobables. La ciencia post-académica, al estar conectada más directamente con la sociedad, debe hacer coincidir sus valores con los asuntos que le interesan (Ziman, 1998, p. 80).

Pero tal vez el factor más significativo para la transición a la ciencia postacadémica haya sido el surgimiento de las políticas científicas que, de acuerdo con Ziman (1998), introducen la política en la ciencia y la ciencia en la política -algo que también Weinberg (1972) habría puesto de manifiesto a propósito de las cuestiones transcientíficas-. La pérdida de la confianza en el modelo lineal, según el cual la financiación de la ciencia académica redundaría por sí sola en el bienestar social, hizo que los políticos debiesen enfrentarse a un nuevo problema: vigilar a los científicos y, a la vez, preservar una cierta autonomía, reclamada por ellos, en las investigaciones. La respuesta a ambas cuestiones (garantizar tanto la excelencia científica como la orientación política y social de la investigación) fue el denominado “dinero blando”²⁸ que, en su versión más degradada, convierte la lucha por la financiación en un fin en sí misma, aunque también sirve para proporcionar una cierta orientación a las investigaciones, ya que se potencia económicamente unas líneas y no otras. Esto ha establecido un nuevo contrato social para la ciencia representado por el sistema I+D+i (Ziman, 1998).

Otro rasgo característico de la ciencia postacadémica es la industrialización, que ha sido resultado también de los recortes presupuestarios realizados por los gobiernos en la financiación de la ciencia, así como de la potenciación explícita de la investigación privada. La muestra más evidente de la aproximación a la ciencia industrial es el creciente interés por la propiedad del conocimiento, reclamada por medio de patentes, propiedades intelectuales y mecanismos afines. De este modo, el conocimiento ya no es, como lo fue en la ciencia académica, eminentemente público. De acuerdo con muchos otros autores, señala Ziman (1998), todos estos nuevos rasgos podrían resumirse en un único término: “burocratización”.

²⁸ Elaborado inicialmente en EE.UU., es el sistema de financiación gubernamental aplicado en la actualidad en la mayoría de los países: formulación por parte de los investigadores de propuestas de proyectos que se presentan a grupos de evaluación formados por expertos y donde se valoran su mérito científico y su potencial adecuación a las prioridades y necesidades sociales.

2.3 Ciencia *politicizada*: ciencia reguladora y ciencia posnormal

2.3.1 Sheila Jasanoff

Jasanoff (1995) emplea el concepto de “ciencia reguladora” para referirse a la ciencia que es empleada en la elaboración de políticas y regulaciones públicas; es decir, y en sus propias palabras, “*science used for regulatory purposes*” (Jasanoff, 1995, p. 280). Tradicionalmente, se ha aceptado que las aportaciones de la ciencia para la toma de decisiones debían mantenerse lo más alejadas posible de las consideraciones políticas y sociales (es decir, de los valores) y limitarse a la presentación de los *hechos* (es decir, se defendía la *neutralidad valorativa* de la ciencia²⁹). Así, la separación institucional completa entre las esferas política y científica ha sido establecida, en la imagen tradicional, como un ideal³⁰. El problema, de acuerdo con Jasanoff (1995), es que este modelo no tiene en cuenta las diferencias entre la ciencia reguladora y la académica (que manejarían diferentes prioridades y objetivos).

Una muestra de la existencia de dos tipos de ciencia se vería ejemplificado, de acuerdo con la autora, con la aparición, durante las últimas décadas, de diferentes agencias e instituciones creadas con el propósito de resolver controversias relacionadas con la ciencia y la tecnología –en temas sanitarios, medioambientales, etc.- por medio de la presentación de hechos determinantes que permitan asesorar la decisión política (Jasanoff, 1995). Ahora bien, “*these exercises are as public as they are contentious, and agencies are frequently charged either with technical incompetence (using “bad science”) or with subordinating science to political ends*” (Jasanoff, 1995, p. 280). Una solución ensayada para evitar esta situación ha sido la apelación a una comunidad científica independiente (de las mencionadas agencias) como fuente fiable de información. Así, se considera que aumentar la participación de los científicos en los procesos de regulación y toma de decisiones incrementará tanto la calidad como la objetividad de las resoluciones políticas. La idea subyacente es que es posible separar las esferas de la evaluación y la gestión de los desarrollos científico-tecnológicos. Así, a menudo, se ha afirmado que “*a science court or similar adjudicatory procedure, involving scientists as both advocates and fact-finders, would be the most appropriate procedural format for resolving the technical conflicts that arise in the course of regulation*” (Jasanoff, 1995, p. 280).

²⁹ Por otro lado, y siguiendo la caracterización de Daniel Sarewitz (1996), uno de los mitos del sistema I+D es, precisamente, el que denomina “mito de la autoridad”, según el cual la ciencia es una base objetiva para la toma de decisiones políticas. La crítica del modelo lineal ha supuesto, en último término, la crítica de este y los otros mitos que describe en su obra.

³⁰ De acuerdo con Brown (2009) esta separación parte de la Modernidad (puede retrotraerse incluso hasta la obra de Maquiavelo y su atribución de asesoría experta a los consejeros reales) y está estrechamente relacionada con la conformación de la representación científica y la representación política, vinculadas entre sí, durante este periodo.

Ahora bien, la autora considera que aquí hay un error de fondo, ya que la apelación a la ciencia en los procedimientos influye en la ciencia misma, es decir, las dos esferas (evaluación y gestión) interactúan y se modifican la una a la otra durante el proceso. También manifiesta la necesidad de reconocer el papel que la incertidumbre y los límites del conocimiento científico juegan (o deberían jugar) en estos contextos, algo generalmente no reconocido desde las instituciones científicas y tecnológicas, ya que su existencia es, precisamente, una de las características más relevantes (gran parte de la ciencia contemporánea se encuentra frente a la imposibilidad de predecir adecuadamente las consecuencias de los desarrollos científico-tecnológicos, lo que invalida el carácter predictivo que se le atribuía bajo la perspectiva de la concepción heredada). De esta manera, la toma de decisiones no debe basarse exclusivamente en los datos aportados por los científicos (Jasanoff, 1995).

De acuerdo con las teorías recientes acerca de la naturaleza, la resolución de conflictos, el consenso y la autoridad en ciencia, y partiendo explícitamente de los estudios sociales de la ciencia, esta sería una construcción social. Asumiendo estos presupuestos, Jasanoff (1995) sostiene que la ciencia es algo más que un reflejo del mundo natural y que está influida por numerosos aspectos no epistémicos³¹ –lo que, por otra parte, no significa tampoco que sea *mala ciencia*, sino que a menudo los conflictos nacen de las diferencias disciplinarias, institucionales o profesionales, sin que por ello se pierda el rigor científico (la autora huye explícitamente, por tanto, del relativismo al que algunos autores encuadrados dentro de los estudios sociales de la ciencia se ven abocados).

Las implicaciones de esta concepción de la ciencia, heredadas de Kuhn (1962), para la cuestión de los procesos políticos son importantes y podrían permitir la introducción de una cierta *epistemología popular* en los límites de la regulación ya que, en realidad, el establecimiento de la verdad en ciencia no respondería, desde este enfoque, a la aplicación estricta del método científico o a la fidelidad con la que representa la naturaleza, sino a procesos de negociación y compromisos entre científicos (Jasanoff, 1995). Pero si esto es así, resulta sencillo aceptar que la ciencia reguladora es particularmente susceptible de presentar divergencias e interpretaciones socialmente condicionadas. Al contrario que en el caso de la ciencia académica, practicada en laboratorios y universidades y en la que existe un relativo consenso y unos paradigmas claramente establecidos, así como rígidas normas metodológicas y de control de calidad; en la ciencia reguladora, tal y como es descrita por la autora, los

³¹ Así, la autora afirmará que:

Social constraints on the production of scientific knowledge include, most obviously, the theoretical and methodological limitations imposed by prevailing research paradigms in a given discipline or historical period. More controversially, however, scientific claims also tend to incorporate factors unrelated to the presumed cognitive concerns of science, such as the institutional and political interests of scientists and their organizations (Jasanoff, 1995, p. 281).

estándares son más fluidos, controvertidos y sujetos a consideraciones políticas. Ello se debe, fundamentalmente, a tres tipos de problemas. En primer lugar, y en buena medida, a las limitaciones temporales que, como ya señalase Weinberg (1972), no permiten construir el consenso científico. Por otra parte, en la ciencia reguladora las apuestas, lo que está en juego³², son más altas que en la ciencia académica; ya que hay diferentes grupos de interés presionando y fomentando el disenso a partir de los incompletos datos disponibles³³. Así, afirmará Jasanoff:

In a scientific arena where facts are uncertain, theoretical paradigms are undeveloped, study methods are inconsistent and contested, and outcomes are politically salient, it is hardly surprising that experts' readings of the data will incorporate subjective bases, such as varying degree of risk aversiveness or willingness to tolerate Type I versus Type II statistical errors (Jasanoff, 1995, p. 282).

De acuerdo, por tanto, con Jasanoff (1995), las características de este tipo de ciencia - que ella misma asimila a la transciencia de Weinberg (1972)- explican los motivos por los que el conflicto en ciencia reguladora es tan habitual. Además, es preciso tener en cuenta que esta se da en contextos marcadamente conflictivos ellos mismos, donde diversos grupos de interés tratan de conseguir una regulación política acorde a sus intereses y pretenden para ello apelar al conocimiento científico como base objetiva³⁴.

Además, Jasanoff (1995) sostiene que la legitimación del asesoramiento científico para la toma de decisiones políticas (que parecería haber quedado en entredicho) podría realizarse a través de procedimientos que reuniesen a las diferentes partes interesadas. La propia ciencia reguladora (por no hablar del proceso general de toma de decisiones) saldría reforzada, en su opinión, si la comunidad científica se confrontase con otros actores en un proceso de acomodación mutua. A menudo se subraya la necesidad de mantener una frontera nítida entre ciencia y política. Pero los juicios a primera vista puramente científicos están realmente influidos por preocupaciones políticas (por ejemplo, los costes crecientes que conllevaría la carga de la prueba cuando los datos son inciertos). Y, a la inversa, juicios aparentemente políticos se ven influidos por la necesidad de información científica para la toma de decisiones

³² Véase al respecto Funtowicz y Ravetz (1993). Como se verá en el epígrafe siguiente, la expresión "lo que está en juego" es empleada por estos autores para describir uno de los ejes de coordenadas con los que proponen *medir el grado de posnormalidad* de un determinado problema científico.

³³ La introducción de nuevas normas regulatorias o de las denominadas "metodologías no estandarizadas" vendrían a tratar de solventar, desde el terreno político, el problema de la incertidumbre. Sin embargo, su éxito no estaría dando el resultado esperado (Todt, 2011) y, por otro lado, es posible una utilización aprovechada de dichos mecanismos mediante el fenómeno conocido como "creación de incertidumbre".

³⁴ Un ejemplo habitualmente presentado en este sentido tiene que ver con la reacción de las compañías tabaqueras al afirmarse la relación entre el consumo de tabaco y el cáncer. Una parte de la estrategia defensiva de estas corporaciones estuvo relacionada con la presentación de resultados contrapuestos con el objetivo evitar sanciones y normas restrictivas sobre el consumo (véase, por ejemplo, Todt, 2011).

(por ejemplo, permitir o no la comercialización de un nuevo medicamento). Por tanto, pretender determinar dónde comienzan o terminan la ciencia y la política en los casos de ciencia reguladora, concluye la autora, se ha mostrado claramente problemático (Jasanoff, 1995). Algo que, por otra parte, ya señalase Weinberg (1972) en relación a las cuestiones transcientíficas. Como consecuencia de ello, Jasanoff (1995) afirma que no es recomendable mantener separadas las esferas de evaluación y regulación de la ciencia y la tecnología, ya que ambas interactúan y no es posible esperar de la primera una respuesta *infalible*.

Las controversias de la ciencia reguladora a menudo ponen en marcha la cuestión de cuándo la evidencia de un riesgo sería considerada suficientemente alta para justificar una acción pública. Dada la incertidumbre de los datos y de los modelos subyacentes en este tipo de contexto, muchos sostienen que más investigación o mejor ciencia podrían clarificar las elecciones políticas. El problema es que, generalmente, la incompleta evidencia disponible implica elegir entre la obtención de más datos o una acción rápida e, incluso, “*between science and safety*” (Jasanoff, 1995, p. 288). Así, la elección de los mecanismos institucionales adecuados para hacer frente a esta situación se convierte en un aspecto fundamental. La propuesta de Jasanoff (1995) es la creación de foros en los que sea posible realizar simultáneamente una especie de negociación entre hechos y valores, aportándose los puntos de vista de los diferentes implicados (es decir, una extensión democrática de la toma de decisiones). La democratización tendría como consecuencia un enriquecimiento de la calidad del proceso y una inclusión de objetividad, ya que las aportaciones de los sujetos externos a la ciencia introducen nuevas perspectivas, problemas y soluciones. Esto no significa que se pierda la autonomía del juicio experto o de la decisión política, por el contrario, la propuesta ensayada por Jasanoff (1995) consiste en la puesta en común entre las dos áreas a la hora de resolver conflictos en casos de ciencia reguladora, donde hay una línea difusa entre hechos y valores. De este modo,

Both scientists and policy-makers, therefore, must participate in the process of resolving disputes over regulatory science, and I have suggested that it is important, for reasons of political legitimacy, to keep the scientist’s role institutionally separate from the policy maker’s. Aiming for the kind of rigid cognitive separation that underlies the science court area of contested human activity, solutions are more likely to emerge from negotiation and compromise than from bipolar, head-to-head conflict (Jasanoff, 1995, p. 292).

2.3.2 Silvio O. Funtowicz y Jerome R. Ravetz

Por su parte, Funtowicz y Ravetz (1993) se confiesan también explícitamente herederos de Weinberg (1961, 1972) y sus reflexiones y, al igual que él, su objetivo principal era llamar la atención con respecto a los cambios que, de hecho, consideraban que se estaban produciendo en los laboratorios (y que no habrían ido acompañados por una revisión de aspectos fundamentales como la regulación política de las investigaciones o de los desarrollos resultantes de las mismas).

Así, estos autores afirmarían que la ciencia contemporánea no puede ser asimilada a la imagen presentada por la concepción heredada y que, si bien continúan existiendo ciertas parcelas de ciencia en sentido tradicional, otras investigaciones exceden este ámbito y entran en el terreno de lo que denominan “ciencia posnormal” (Funtowicz y Ravetz, 1993). Por tanto, nos encontraríamos en la actualidad en un momento que exige el abandono de la imagen elitista de la ciencia, donde solo los iniciados pueden jugar un papel y que, a nivel político, significa que el consejo experto es el más válido para el asesoramiento en la toma de decisiones. En este sentido, es también ciencia posmoderna (pues supera los patrones de la Modernidad).

La posición de Funtowicz y Ravetz (1993) pretende evitar tanto los extremos de la filosofía de la ciencia tradicional, que procede de la concepción heredada (aunque modulada por la crítica kuhniana y el falsacionismo popperiano), como el relativismo extremo y el *todo vale* abanderado por algunos autores que, tras la caída del edificio conceptual del empirismo lógico, no pudieron localizar criterios de normatividad. Joan Martínez Alier (2000), prologuista de la edición española de la obra, resume espléndidamente la propuesta de estos autores:

La ciencia de laboratorio, es decir, la ciencia aplicada normal (normal en el sentido de Kuhn) continúa siendo importante. No se trata de cambiar el paradigma científico, menos aún de renunciar a la racionalidad occidental. No hay por qué atacar a Newton o Galileo o Descartes, en nombre de no se sabe exactamente qué, una religiosidad difusa tal vez. No, por el contrario, el laboratorio sirve para establecer distancias genéticas entre variedades agrícolas, o para corroborar las hipótesis de la física de las radiaciones. Pero, para juzgar el valor de la conservación de la biodiversidad, para decidir si usar la energía nuclear, la ciencia aplicada normal no sirve. Tampoco sirven los consultores profesionales, del tipo ingeniero nuclear o ingeniero agrónomo. Los temas son demasiado urgentes y la incertidumbre es excesiva. Estamos pues en el terreno de la ciencia posnormal, de la ampliación del campo de evaluadores. Ojalá – dirían Funtowicz y Ravetz con un guiño de ironía- pudiéramos resolver todo con la certeza del laboratorio. Ojalá tuviéramos estadísticas de daños de las radiaciones nucleares que nos permitieran poner umbrales seguros, ojalá supiéramos los riesgos probabilísticos de dañar la salud humana comiendo carne con hormonas y además alimentada con soja transgénica. [Pero no es así]. De ahí que observemos el hecho de que numerosos actores sociales que en principio no tendrían legitimidad para participar en las decisiones (reservadas a los políticos, escudados en el poder que da la ciencia), sin embargo intervienen. Eso está bien, desde el punto de vista de la democracia. Pero no es este el argumento de Funtowicz y Ravetz. Ellos no dicen si está bien o mal, aunque se les nota la sonrisa. Ellos constatan esa intervención ampliada en el terreno de las decisiones, esa extensión de la comunidad de evaluadores, y muestran cuál es la lógica de que ocurra tal cosa. No es solo que un análisis costo-beneficio del efecto invernadero sea absurdo como aplicación de la ciencia económica [...], es que muchos de los datos físicos son inseguros. Por tanto, entren ustedes sin reparo en el debate del cambio climático, no dejen que lo secuestren

los economistas ni incluso los científicos. Opinen ustedes. Eso seguramente llevará a una mejor decisión (Martínez Alier, 2000, pp. 13-15).

Dado que, de hecho, no podemos garantizar la *certeza del laboratorio* en buena parte de la investigación contemporánea, pues carecemos de los datos necesarios y del tiempo suficiente -e, incluso con disponiendo de ellos, no podríamos en muchas ocasiones ser precisos, tal y como ya argumentase Weinberg (1972)-, Funtowicz y Ravetz (1993) consideran que hemos entrado en el terreno de la ciencia posnormal. De acuerdo con su análisis, esta viene delimitada fundamentalmente por dos dimensiones, que alcanzarían en ella sus valores máximos: la incertidumbre y las apuestas de decisión (o, como prefieren traducir al español la expresión *decision stakes*, “lo que se pone en juego”). Así, mientras la ciencia académica tradicional tendría los niveles más bajos de ambas variables, la ciencia posnormal arrojaría los más altos. De este modo, nos sitúa ante hechos blandos y valores duros, y la relación entre ellos ha de resolverse con urgencia. No podemos, por ejemplo, dejar para el futuro la decisión sobre la gestión de los residuos nucleares, sobre si aprobar o no la investigación con células madre, sobre la utilización de semillas modificadas genéticamente, sobre la adopción de medidas contra el cambio climático. Al contrario, hemos de decidir ahora, aunque las condiciones sean de gran desconocimiento y alto riesgo. Y es que incluso la no-decisión o inacción tiene consecuencias en el terreno de la ciencia posnormal. En este sentido, no regular los ejemplos mencionados no significa de hecho posponer una decisión, sino evitar que esta sea explicitada en los mecanismos políticos tradicionales. Esta circunstancia sería la que esté a la base, por ejemplo, del conocido como “principio de precaución”, que asume que el riesgo de no tomar partido, por más que el conocimiento disponible sea impreciso o complejo, no hará sino incrementar los perjuicios.

Así, en la ciencia posnormal no solo es importante lo que se sabe sino, especialmente, lo que no se sabe, lo que se ignora, aquello que es incierto. Nuestro momento actual es un momento de riesgos globales, donde, como señalara Beck (1986), la equidad del reparto de los mismos se hace fundamental y donde las disciplinas tradicionales, científicas o no, no pueden abarcar ni predecir todas las posibles consecuencias. Estos problemas, además, afectan potencialmente a todos los seres humanos, incluso a nivel extrageneracional, por lo que se convierten en problemas centrales en nuestras sociedades. Ante esta situación, la propuesta de Funtowicz y Ravetz (1993) es tratar de aceptar que la incertidumbre es inherente a algunos problemas y manejarla por medio de un proceso de explicitación de los valores.

Decidir cuándo un problema cae bajo el rango de la ciencia posnormal y, por tanto, requiere de un tratamiento diferente, es algo que estos autores determinan a través de un eje de coordenadas en el que se miden dos niveles que raramente se han mezclado: el epistemológico y el axiológico. Funtowicz y Ravetz (1993) los representan a través de la incertidumbre (opuesta a la tradicional caracterización de la ciencia como certeza) y lo que se pone en juego (que se opondría, a su vez, a la neutralidad valorativa). En función de los niveles de incertidumbre y apuesta de decisión, obtienen tres tipos de ciencia (cuatro, en realidad), cada una de las cuales requerirá de una estrategia de resolución de problemas diferente. Así, los autores establecen tres niveles distintos de incertidumbre: técnica (cuando las rutinas metodológicas son adecuadas, y que se limita, por tanto, a la utilización de las herramientas);

metodológica (cuando aparecen niveles más complejos relacionados con la confiabilidad o los valores y que solo puede resolverse desde el punto de vista de *arte aprendido* o de alto nivel) y epistemológica (cuando la incertidumbre afecta al mismo centro del problema y a todas sus posibles soluciones). De acuerdo con estos parámetros, los autores afirmarán que:

[La ciencia aplicada] Aparece cuando tanto las incertidumbres de los sistemas como lo que se pone en juego en las decisiones son de bajo nivel. Las incertidumbres de los sistemas están en el nivel técnico y serán manejadas por las rutinas y procedimientos estándar. Ellas incluirían técnicas particulares para mantener confiables a los elementos que están operando y también a las herramientas estadísticas y los paquetes para el procesamiento de datos. Lo que se pone en juego en las decisiones será simple y también pequeño; se han asignado recursos para el ejercicio de investigación porque sus resultados cumplirán alguna función externa particular directa. La información que surja de allí será usada en una empresa más amplia que ya no es del interés del investigador que trabaja en ella (Funtowicz y Ravetz, 1983, p. 38).

El máximo exponente de este tipo de ciencia es lo que se conoce como “ciencia pura”, donde las apuestas de decisión son bajas porque se investiga *por curiosidad*, lo que significa que no hay tampoco grandes intereses en juego y que la incertidumbre prevista es igualmente mínima: los enigmas, se espera, tienen solución. Estamos, entonces, ante ciencia normal, en sentido kuhniano, y la revisión entre pares y los demás mecanismos internos de control de calidad se muestran suficientes (Funtowicz y Ravetz, 1993).

Algo más altos son los umbrales de incertidumbre y apuesta de decisión en la ciencia aplicada, donde puede suceder que los resultados aceptables para un contexto no lo sean para otro. A veces, el conocimiento obtenido no es público, sino más bien un *know how* corporativo (es decir, un “saber cómo” propiedad de una compañía o agencia estatal de investigación). En estos casos, la revisión entre pares se dificulta y la comunidad de evaluadores termina extendiéndose a los usuarios de los desarrollos obtenidos (Funtowicz y Ravetz, 1993). Así,

[...] la Consultoría Profesional incluye la Ciencia Aplicada, pero concierne a problemas que requieren una metodología diferente para su resolución completa. La incertidumbre no puede ser manejada en el nivel rutinario, técnico, porque son relevantes aspectos más complejos del problema, tales como la confiabilidad de las teorías y la información. Entonces se requieren juicios personales que dependen de destrezas de alto nivel y la incertidumbre aparece en su nivel metodológico (Funtowicz y Ravetz, 1993, pp. 42-43).

En consecuencia,

Lo que se pone en juego en la decisión también es más complejo. Tradicionalmente la tarea profesional se realizaba para un cliente cuyos propósitos debían ser servidos. Estos no pueden reducirse a una meta clara y perfectamente definida, los seres humanos no son máquinas o

burocracias, y son conscientes de sus propios propósitos. En el caso de los problemas de riesgo y problemas ambientales, los profesionales pueden experimentar una tensión entre su rol tradicional y las nuevas demandas. Pues los propósitos relevantes para la tarea ya no son simplemente los clientes, sino que entran en conflicto, involucrando diversos sistemas naturales y seres humanos que ponen algo en juego (Funtowicz y Ravetz, 1993, pp. 42-43).

Consultoría y ciencia aplicada tienen, por tanto, rasgos distintivos con respecto a la ciencia pura que los asemejan entre sí: las dos trabajan con tiempo y recursos limitados, con problemas definidos por medio de intereses externos y sus resultados no suelen ser públicos. De hecho, la mayoría de las rutinas del consultor caen bajo el dominio de la ciencia aplicada pero, en un momento dado, los problemas toman un giro inesperado, requieren creatividad y aparece la necesidad de que un sujeto se responsabilice de los resultados en base a su *olfato* profesional. Se entra entonces en el dominio de la consultoría, que debe hacer frente a situaciones únicas en las que el elemento personal se vuelve relevante y donde los desacuerdos entre profesionales son algo esperado (e.g., a menudo dos médicos ofrecen dos diagnósticos diferentes para un mismo paciente). Aquí la comunidad de pares para la evaluación de la calidad se extiende aún más, ya que no hay estándares objetivos y fiables porque el conocimiento personal del experto juega un papel relevante (Funtowicz y Ravetz, 1993). De acuerdo con los autores, estaríamos ante un tipo de problemas muy similar a los descritos por Weinberg (1972) como transcientíficos.

[...] la Ciencia Posnormal aparece cuando las incertidumbres son ya de tipo epistemológico o ético, o cuando lo que se pone en juego en las decisiones refleja propósitos en conflicto entre aquellos que arriesgan algo en el juego (Funtowicz y Ravetz, 1993, p. 48).

Esto no quiere decir que todos los aspectos del problema caigan bajo la categoría de ciencia posnormal, a veces los problemas pueden incluso traducirse en lenguaje científico; sin embargo, su resolución no se puede limitar a la investigación (ciencia aplicada) o al ejercicio profesional (consultoría). Funtowicz y Ravetz (1993) afirman que la incertidumbre se ha vuelto algo familiar para los expertos, que encuentran cada vez con mayor frecuencia problemas que no pueden ser resueltos de forma sistemática (por ejemplo, problemas ambientales globales) por medio de las técnicas matemáticas o de otro tipo usadas en los dos campos anteriores. Además, la ciencia posnormal *“tiene el rasgo paradójico de que en su actividad de resolución de problemas se invierte el dominio tradicional de los <<hechos duros>> por sobre los <<valores blandos>>”* (Funtowicz y Ravetz, 2000, p. 50), con la consecuencia de que *“los inputs científicos tradicionales se han transformado en <<blandos>> en el contexto de compromisos valorativos <<duros>> [...] La distinción tradicional hechos-valores no solo ha sido invertida; en la Ciencia Posnormal ambas categorías no pueden ser separadas de manera realista. Las incertidumbres van más allá de los sistemas, hasta incluir también la ética”* (Funtowicz y Ravetz, 1993, p. 51).

Además, en los casos de ciencia posnormal, los afectados potenciales son todos los seres humanos, incluso los aún no nacidos, así como los demás seres vivos y el medio ambiente en general. Por ello, la dinámica de resolución de problemas y de evaluación se

amplía más aún, incluyendo a personas directamente afectadas, movimientos sociales y culturales, etc. Esta “comunidad de pares extendida”, de acuerdo con la denominación de los autores, aumenta la calidad de los procesos, ya que introduce nuevos puntos de vista y alternativas de solución, una racionalidad popular que permite mejorar el conocimiento científico mismo, así como elegir los problemas y evaluar las soluciones de manera más adecuada. Sin embargo, señalan los autores, esta comunidad raramente cuenta con apoyo financiero e institucional para funcionar (Funtowicz y Ravetz, 1993).

La ciencia moderna, con el uso del experimento como herramienta fundamental, consiguió llevar a cabo una colonización de la naturaleza y del entorno que ha mejorado indiscutiblemente la calidad de la vida humana con respecto a las sociedades precedentes. Además, esta situación otorgó a la ciencia un papel hasta ahora no discutido de conocimiento privilegiado, que tuvo como consecuencia adyacente la constitución de expertos asesores para la toma de decisiones políticas, y no ya solo en lo relacionado con la naturaleza y su interpretación científica, sino también respecto a la sociedad misma. Ahora bien, toda esta estructura que se basó en la conquista de la naturaleza por medio del laboratorio ha dado paso, con determinados desarrollos tecnológicos actuales, a la situación inversa: la naturaleza se convierte involuntariamente en un gran experimento de variables no controladas. Funtowicz y Ravetz (1993) señalan en este sentido casos como Hiroshima, Chernóbil, Bhopal, Exxon Valdez o Kuwait, a los que podríamos añadir otros como el vertido del *Prestige* en las costas españolas o el accidente nuclear de la central japonesa de Fukushima. En estos casos, la supremacía, el conocimiento experto, tiende a ser puesto en entredicho en buena medida por su papel en el desastre y va extendiendo la consideración de que “*la metodología científica para abarcar estos nuevos problemas no puede ser la misma que ayudó a crearlos*” (Funtowicz y Ravetz, 1993, p. 28). Según los autores, la nueva ciencia, o ciencia posnormal, debe abrir un diálogo creativo entre conocimiento y desconocimiento, entre experto y profano, para poder dar cuenta de las nuevas situaciones (Funtowicz y Ravetz, 1993). Así, el enfoque científico se convierte en uno más entre otros que también pueden aportar calidad a la discusión y deben participar en los debates. De este modo, afirmarán que:

Mientras que con anterioridad la ciencia fue entendida como avanzando con firmeza hacia la certidumbre de nuestro conocimiento y el control de la naturaleza, ahora es vista como enfrentando muchas incertidumbres en las decisiones ambientales y tecnológicas urgentes a escala global. Los nuevos problemas ambientales globales tienen rasgos comunes que los distinguen de los problemas científicos tradicionales. Son globales en escala de larga duración en su impacto. Los datos respecto a sus efectos, e incluso los datos para los lineamientos básicos de los sistemas <<sin disturbios>>, son radicalmente inadecuados. Al ser complejos, novedosos y variables, estos fenómenos no son bien comprendidos. La ciencia no siempre puede proporcionar teorías basadas en experimentos para aplicarlos y predecirlos y frecuentemente en el mejor de los casos solo logrará modelos matemáticos y simulaciones computacionales, que son esencialmente no testeables. Sobre la base de tales *inputs* inciertos, deben tomarse decisiones bajo condiciones de urgencia. En consecuencia, como la ciencia no puede proceder sobre la base de predicciones fácticas,

apelará tan solo a *pronósticos* políticos (Funtowicz y Ravetz, 1993, pp. 31-32).

Pero, si las herramientas empleadas por la ciencia tradicional no son suficientes para manejar la incertidumbre y garantizar la calidad de los procesos, si en ocasiones la ciencia se reviste con una científicidad que en realidad no tiene, resulta entonces una dudosa fuente de racionalidad para la toma de decisiones políticas. Por ello, Funtowicz y Ravetz (1993) proponen gestionar estas nuevas situaciones en el reconocimiento de sus también nuevas circunstancias y mediante el desarrollo de métodos que permitan “*hacer que nuestra ignorancia sea usable*” (Funtowicz y Ravetz, 1993, p. 34). Ello implica, según su propuesta, incluir aspectos éticos y valorativos en la discusión, algo que se conseguiría por medio de la ya mencionada *comunidad de pares extendida*, que estaría compuesta por todos los afectados por un problema concreto. La extensión a la ciudadanía permitiría, en opinión de los autores, incluir los valores sociales en el proceso de evaluación y toma de decisiones científico-tecnológicas. Además, la aparición de perspectivas diferentes a las de los expertos, puede aportar nuevas soluciones y puntos de vista por medio del conocimiento local -con un trabajo previo de educación ciudadana y de desarrollo de mecanismos e instituciones que garanticen una participación capacitada y un equilibrio entre los diferentes intereses en juego y los distintos grupos de afectados- (Funtowicz y Ravetz, 1993).

2.4 Ciencia *tecnificada*: modo 2 y tecnociencia

2.4.1 Michael Gibbons y sus colaboradores

Michael Gibbons (como coordinador académico), junto a Camilla Limoges, Helga Nowotny, Simon Schwartzman, Meter Scout y Martin Trow constatan en *La nueva producción del conocimiento. La dinámica de la ciencia y la investigación en las sociedades contemporáneas* cómo en la ciencia y la tecnología, pero también en las ciencias sociales y las humanidades, se están produciendo cambios significativos en la forma en que se produce el conocimiento, lo que repercute en qué se produce, cómo se produce, el contexto en que se investiga, la forma de organizarlo, los beneficios obtenidos y los controles de calidad. Gibbons y sus colaboradores (1994) denominarán “modo 2” a este nuevo tipo de producción, que conviviría actualmente con la forma de hacer ciencia tradicional o *modo 1* –“*complejo de ideas, métodos, valores y normas que ha crecido hasta controlar la difusión del modelo newtoniano de ciencia a más y más campos de investigación, asegurándose la conformidad con lo que se considera como una práctica científica sana*” (Gibbons et al., 1994, p. 216).

Los autores describirán el modo 2 afirmando que:

El nuevo modo funciona dentro de un contexto de aplicación en el que los problemas no se hallan encuadrados dentro de una estructura disciplinar, sino que es transdisciplinar, antes que mono o multidisciplinar. Se lleva a cabo en formas no jerárquicas, organizadas de forma heterogénea, que son esencialmente transitorias. No está siendo institucionalizado principalmente dentro de las estructuras de la universidad. El modo 2 supone una estrecha interacción entre muchos actores a través del proceso de producción del conocimiento, lo que significa que esa producción de conocimiento adquiere cada vez una mayor responsabilidad social. Una consecuencia de esos cambios es que el modo 2 utiliza una gama más amplia de criterios para juzgar el control de calidad. El proceso de producción del conocimiento tiende a ser más reflexivo y afecta, en los niveles más profundos, a lo que terminará por considerarse <<buena ciencia>> (Gibbons *et al.*, 1994, pp. 7-8).

Así, los autores consideran que existen una serie de diferencias significativas entre el modo 1 y el modo 2 que justifican la consideración de que son dos tipos diferentes de producción del conocimiento, y no una mera desviación o evolución. En este sentido, Gibbons y sus colaboradores (1994) defenderán que:

- ▶ El modo 1 soluciona problemas en un contexto gobernado por intereses mayoritariamente académicos, de una comunidad concreta; el modo 2 se lleva a cabo en lo que denominan “contextos de aplicación” y que se definen como la *“solución de problemas y generación de conocimiento organizado alrededor de una aplicación concreta. No se aplica simplemente a la investigación o el desarrollo. Incluye el ambiente de intereses, instituciones y prácticas que afectan al problema a solucionar”* (Gibbons *et al.*, 1994, p. 215).
- ▶ El modo 1 es jerárquico y mantiene una estructura preestablecida, el modo 2 es heterárquico y transitorio.
- ▶ El modo 1 realiza el control de calidad de la producción fundamentalmente por medio de la revisión entre pares; el modo 2 es socialmente más responsable y reflexivo.
- ▶ El modo 1 tiene un número de actores claramente definido (los *iniciados* en las destrezas disciplinares); en el modo 2 el conjunto de participantes es más amplio y heterogéneo (cada uno de ellos con intereses y valores propios, por lo que el conocimiento se obtiene mediante constantes procesos de negociación).
- ▶ En el modo 1 la definición y solución de problemas no tiene un objetivo práctico, sino que se organiza en torno a una línea de investigación adscrita a una tradición disciplinar concreta; en el modo 2 el conocimiento tiene siempre la pretensión de ser conocimiento útil (para la empresa, la política, la sociedad...), es decir, se determina en torno a necesidades y no a la *curiosidad científica*.

Ahora bien, y de acuerdo con Gibbons *et al.* (1994), una de las características más significativas del modo 2 es la transdisciplinariedad, que implica cuatro aspectos fundamentales por lo que se refiere a la resolución de problemas:

- ▶ *“Desarrolla una estructura peculiar, pero en evolución, para guiar los esfuerzos tendentes a la solución de los problemas”* (Gibbons et al., 1994, p. 16); es decir, el contexto de aplicación no es previo a la investigación, sino que se genera de forma específica para cada problema.
- ▶ *“La solución abarca componentes tanto empíricos como teóricos, se trata, innegablemente, de una contribución al conocimiento, aunque no necesariamente al conocimiento disciplinar”* (Gibbons et al., 1994, p. 16). En cada contexto se desarrollan estructuras teóricas y métodos de investigación propios y que no pueden ser adscritos a ninguna tradición, ya que responden a las necesidades de ese contexto en particular. El conocimiento resultante, al igual que el de las disciplinas clásicas del modo 1, es acumulativo, aunque no necesariamente para el contexto que le dio origen (es decir, puede aplicarse en otros).
- ▶ *“En el modo 2 se comunican los resultados a aquellos que han participado en el curso de esa participación y, de ese modo, la difusión de los resultados se logra inicialmente, en cierto sentido, en el mismo proceso de producción”* (Gibbons et al., 1994, p. 16). Por el contrario, en el modo 1 existen mecanismos rígidos de comunicación de resultados (como la publicación en revistas científicas, la participación en congresos, etc.) fuera de los que dichos resultados no suelen ser conocidos. En cambio, en el modo 2, quienes han participado en el contexto *exportan* su conocimiento a otros contextos nuevos en los que participen y, de este modo, el intercambio es mucho más fluido.
- ▶ *“Una solución concreta puede convertirse en el lugar cognitivo desde el que efectuar avances posteriores [...]. El modo 2 se caracteriza especial pero no exclusivamente por la interacción cada vez más estrecha de la producción de conocimiento con una sucesión de contextos de problemas”* (Gibbons et al., 1994, p. 17). Por eso, no es fácil determinar de qué modo o en qué problemas futuros se aplicará el conocimiento obtenido en un contexto de aplicación determinado.

Otro de los rasgos relevantes de los contextos de aplicación bajo los que se desarrolla el modo 2 es la movilidad y heterogeneidad de los componentes de los equipos de resolución de problemas. Así, en función de los resultados intermedios obtenidos, se pueden incluir nuevos miembros o quedar excluidos otros, y esto sin ningún tipo de planificación previa. La producción de conocimiento es eminentemente dinámica, tanto por lo que se refiere a los espacios de generación de conocimiento (que rebasan las instituciones tradicionales –e.g., universidades, centros de investigación...–), como en lo relacionado con los campos de estudio. Cuando un determinado contexto se cierra (cuando se llega a una solución o el tiempo se agota) sus miembros pueden reubicarse en contextos nuevos, que no tienen por qué tener los mismos participantes ni un mismo rango de problemas (si bien la experiencia obtenida será la *credencial* con la que se valorará al experto).

Una de las condiciones que han posibilitado el surgimiento y, sobre todo, la gran expansión del modo 2 en los últimos años, de acuerdo con los autores, ha sido el enorme éxito de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (TIC), que han facilitado el establecimiento de redes de trabajo interdisciplinarias y abiertas. Además, los ordenadores han permitido desarrollar herramientas aplicables en gran variedad de contextos diferentes y

potenciar enormemente las posibilidades de diseño, técnicas e instrumentos. Como consecuencia, las diferencias tradicionales entre ciencia y tecnología se vuelven más difusas en el modo 2, en buena medida porque la dependencia de las herramientas informáticas o de otro tipo para la obtención de resultados es casi absoluta; y, a la vez, la propia investigación revierte en ellas (Gibbons *et al.*, 1994).

Gibbons y sus colaboradores (1994) también ponen el acento en la relación entre la investigación y la comercialización del conocimiento en el nuevo modo de producción –como harán también, pocos años después, Ziman (1998) o Echeverría (2003)-. Así, consideran que *“en el modo 2, la producción de conocimiento forma parte de un proceso más amplio en el que el descubrimiento, la aplicación y el uso se hallan estrechamente integrados”* (Gibbons *et al.*, 1994, p. 67). Esto significa que la competencia entra en el centro mismo de los contextos de aplicación, cuyo éxito depende a menudo de la posible capitalización de los resultados; los propios participantes en los contextos de investigación se ven convertidos en un valor y las empresas luchan por atraer a los mejores expertos hacia sus redes de investigación. Además, la atención se centra mayoritariamente en la innovación, no se trata tanto de obtener más conocimiento, como de aportar soluciones nuevas (y comercializables) a los problemas: a veces, en vez de generar uno nuevo, es suficiente con reorganizar el conocimiento que ya se posee, de ahí la importancia de la creatividad y de la experiencia previa (del *know how*) de los participantes en un contexto.

A nivel institucional los cambios producidos por el modo 2 han tenido consecuencias, especialmente, en el ámbito de las universidades (que son los centros canónicos de formación de expertos) y en el surgimiento de nuevas instituciones de producción, mediación y difusión del conocimiento. Los cambios más importantes observados en estos centros tienen que ver con su función y con los vínculos que se establecen entre ellos, pues la resolución de problemas requiere la cooperación entre expertos de diferentes campos (Gibbons *et al.*, 1994).

Los contextos de aplicación reflejan así mismo el creciente interés social por las cuestiones relativas a la salud, el medioambiente, etc. Así, por una parte, se amplía cada vez más el número de participantes, incluyendo agentes sociales sensibilizados por el impacto potencial de la investigación. De este modo, *“la responsabilidad social impregna todo el proceso de producción del conocimiento. Se ve reflejada no solo en la interpretación y difusión de los resultados, sino también en la difusión del problema y en la determinación de las prioridades de investigación”* (Gibbons *et al.*, 1994, p. 19). Una vez asumido que los problemas tratados en los contextos no son susceptibles de tener una respuesta en términos exclusivamente científicos o tecnológicos, la inclusión de valores e intereses no epistémicos (que tradicionalmente quedaban al margen del ámbito de investigación) se torna necesaria.

Como consecuencia, la evaluación de resultados ha de adquirir también nuevas características. Así, mientras el modo 1 dejaba fundamentalmente en la revisión entre pares la evaluación del conocimiento obtenido, así como la determinación de problemas y metodologías para su resolución; en el modo 2 la pluralidad de agentes e intereses hace que este sistema sea incapaz de valorar adecuadamente esas cuestiones. Además de consideraciones epistémicas (que rebasarán el ámbito de una sola disciplina), se atenderá

también a otros aspectos de tipo empresarial, económico e, incluso, ético y social (Gibbons *et al.*, 1994). Esto no implica que la calidad de la ciencia se vea rebajada, sino que el estándar de medida es diferente (puede ocurrir, incluso, que lo que resulte ser una mala solución o *mala ciencia* en un contexto sea *buena ciencia* para otro). En la actualidad, los proyectos son sometidos a evaluaciones continuas que no son solo de tipo científico o tecnológico, sino también relacionadas con cuestiones de carácter social y económico. El lugar canónico en que este otro tipo de intereses se confrontan con los de carácter más epistémico son los que denominan “foros híbridos”³⁵, que surgen con respecto a temas que generan una fuerte controversia social y donde participan multitud de actores (Gibbons *et al.*, 1994). Así,

Frecuentemente, las controversias conducen al establecimiento de investigaciones sobre cuestiones de política pública, regulación y toda una serie de otros temas sociales y éticos. Se reúne el nuevo conocimiento, una parte del cual se basa en los resultados de desarrollos científicos y tecnológicos anteriores que se han convertido gradualmente en una causa de preocupación pública. Por ejemplo, las nuevas formas de conocimiento, como el análisis de riesgos, la valoración de la tecnología o el crecimiento de diversas especialidades en la ciencia medioambiental, son respuestas a la preocupación pública por la seguridad de edificios altos, a los efectos adversos del tráfico o a los efectos del calentamiento global de la Tierra (Gibbons *et al.*, 1994, p. 93).

En los foros híbridos, generalmente no se demanda más conocimiento (aunque a veces la existencia de incertidumbre es uno de los disparadores de la alarma social), sino que más bien se centran en tratar de determinar condiciones más satisfactorias, de acuerdo con los agentes implicados, sobre cómo se llevará a cabo esa investigación y de qué modo será evaluada. Se trata, por tanto, de incluir una regulación social mayor dentro del contexto de investigación, algo que desde el modo 2 puede hacerse con una cierta facilidad gracias a su estructura abierta y dinámica (Gibbons *et al.*, 1994).

Por otro lado, Gibbons *et al.* (1994) señalan que las diferencias entre los modos 1 y 2 no implican que no exista interacción entre ellos. Así, los expertos que participan en los contextos del modo 2 reciben su formación académica dentro de las tradiciones disciplinares del modo 1, que continúan imperando en las universidades –pese al *intrusismo* detectado ya por Weinberg (1972)-. En sentido inverso, puede ocurrir que resultados obtenidos por medio del modo 2 tengan una aplicación en áreas tradicionales del modo 1.

Finalmente, los autores se preguntan si el modo 2 se extiende tan solo a las áreas tradicionalmente científicas o tecnológicas, en que habitualmente había venido desarrollándose el modo 1, o también las humanidades están cambiando y aproximándose al modo 2 (Gibbons *et al.*, 1994). Rasgos como la expansión en la producción de conocimiento o

³⁵ El concepto de “foro híbrido” parte del trabajo de Callon y Rip (1991) para describir el proceso contemporáneo mediante el cual los antiguos foros de representación natural y social convergen, dando lugar a este nuevo tipo de espacios.

que ese conocimiento es a menudo diverso y heterogéneo, parecen sugerir que se están produciendo en las humanidades cambios similares a los que tuvieron lugar en los campos científicos y tecnológicos.

Tal como sucede en otros ámbitos de la producción del conocimiento, las crecientes demandas de responsabilidad social conducen a un cambio en los criterios de calidad, que ya no se definen en el seno de la comunidad académica, sino que suponen la convalidación a partir de otras fuentes externas a menudo difusas. La transdisciplinariedad, otra característica del modo 2, también es endémica en las humanidades, mientras que el papel de la instrumentalización parece más periférico o el menos abierto a futuros desarrollos cuando se valora, por ejemplo, mediante las formas en que los ordenadores han alterado el estilo tradicional de trabajo artesanal de los eruditos en las humanidades. Aumentan, sin embargo, las pruebas de que la tecnología de la información están efectuando rápidamente incursiones en el contenido sustantivo y en la capacidad modeladora de ciertos campos, como la lingüística, y de que ya se empiezan a notar otros impactos más sutiles. Sucede también que no ha sido solo la economía de la industria cultural la que se ha visto influida por las nuevas tecnologías, sino que las propias respuestas estéticas individuales y las respectivas nociones de ilustración y sensibilidad visual, se ven ahora configuradas con formas más profundas (Gibbons *et al.*, 1994, p. 123).

Con todo, y aunque reconocen que comparativamente parece que las características del modo 2 están presentes en las humanidades, los autores no se atreven a afirmar tajantemente que hayan afectado de manera sustancial a la producción del conocimiento, concluyendo que por más que *“en términos directamente descriptivos, se trata de un argumento fácil de mantener, [...] resulta mucho más difícil interpretar los sustanciales vínculos entre los valores y prácticas de las humanidades y las pautas de conocimiento del modo 2”* (Gibbons *et al.*, 1994, p. 125).

2.4.2 Javier Echeverría

Aunque algunos años más tarde, en el contexto español también se estableció un cierto debate en torno a la existencia de un nuevo modo de producción de conocimiento, así como acerca de su caracterización. En este sentido, cabe destacar el papel de Javier Echeverría (2003), que recoge en su ensayo *La revolución tecnocientífica* buena parte de las aportaciones de los autores tratados y plantea algunos rasgos destacados que no habían sido abordados con anterioridad de forma suficientemente profunda.

De este modo, la tecnociencia³⁶, de acuerdo con Echeverría (2003), sería el resultado de lo que denomina una “Revolución tecnocientífica”: al igual que en el siglo XVII la sociedad europea afrontó una *Revolución científica*, en el XX la estadounidense sufrió una Revolución tecnocientífica, que posteriormente exportó a otros países occidentales. Esa Revolución, que habría comenzado a producirse durante la Segunda Guerra Mundial y se habría consolidado en el periodo de la Guerra Fría, podría describirse, de acuerdo con este autor, en tres periodos: entre 1940 y 1965³⁷, con la aparición de la *Big Science*; entre 1966 y 1980, que sería un momento de consolidación o *estancamiento*; y a partir de la década de los 80 del siglo XX, donde surgiría ya la tecnociencia propiamente dicha -la *Big Science*, de acuerdo con Echeverría (2003), sería un primer estadio evolutivo. Ahora bien, la existencia de la tecnociencia no supone la desaparición de la ciencia moderna. Del mismo modo que el resto de autores que se han venido tratando, Echeverría (2003) considera que ambas conviven y que continúan existiendo las investigaciones científicas y/o tecnológicas en *sentido estricto*, lo que no impide que haya también otras que sean *tecnocientíficas*.

En cualquier caso, lo más destacado de la Revolución tecnocientífica, de acuerdo con el autor (2003) sería que no se trata de un cambio metodológico o epistemológico, sino de lo que él denomina, una “revolución praxiológica”; es decir, relativa tanto a la práctica misma de la investigación como a los valores que intervienen en ella. Así, afirmará que:

Frente a la revolución científica del XVII, que modificó la estructura del conocimiento, la revolución tecnocientífica del siglo XX ha transformado ante todo la estructura de la *práctica científico-tecnológica*. En particular, han cambiado los sistemas de valores que guían la actividad científica [...]. Los valores de la tecnociencia son mucho más amplios y complejos que los de la ciencia moderna. Los conflictos de valores son una componente estructural de la tecnociencia [cursivas del autor] (Echeverría, 2003, p. 12).

Otro de los aspectos destacables de la Revolución tecnocientífica será el hecho de que ha provocado profundas alteraciones en el orden económico y social, debido en buena medida

³⁶ Aunque la expresión “tecnociencia” fue empleada primero por Bruno Latour (1987), como se verá, Echeverría la toma en un sentido diferente.

³⁷ Si bien el autor reconoce, como muchos otros, que podría hablarse de algunos casos de Gran Ciencia ya en los años 30 del siglo XX, resulta imposible dar una fecha exacta para el momento fundacional o las transiciones entre los diferentes periodos (algo que ocurre también con la Revolución científica, generalmente fechada en el siglo XVII pero que algunos autores retrotraen incluso hasta el siglo XV). En cualquier caso, y de acuerdo con el propio Echeverría, “*el debate sobre el momento concreto en que surgió la megaciencia es vano. No estamos ante un descubrimiento que pudiera ser atribuido a una persona concreta, ni fechado y ubicado en un tiempo y lugar determinados, sino ante un cambio en la estructura de la actividad científica, que requirió de un amplio lapso de tiempo para surgir, consolidarse y desarrollarse*” (Echeverría, 2003, p. 25). Más aún, señala este autor, estos cambios aún estarían produciéndose en algunos países y disciplinas, por lo que el proceso no se encuentra todavía clausurado. De ahí que Echeverría (2003) prefiera hablar de “tecnociencias” antes que de “tecnociencia”.

a lo que el autor denomina una “revolución informacional” (la alianza entre la tecnociencia y la sociedad de la información), que es comparable a la revuelta suscitada por la asociación entre la ciencia y la tecnología en la Revolución industrial³⁸. El cambio ha sido tan profundo, que reclama incluso un nuevo tipo de estudio metateórico (una *filosofía de la tecnociencia*, frente a las tradicionales filosofía de la ciencia o filosofía de la tecnología) que dé cuenta de una nueva característica fundamental de la práctica investigadora: la importancia de su valoración como tal, y no ya solo del conocimiento obtenido (Echeverría, 2003). De hecho, los valores son fundamentales en el terreno de la tecnociencia, que se encuentra siempre en un entorno de conflictos axiológicos generalizados.

Ahora bien, ¿cuáles son esos cambios tan radicales y profundos de la práctica científica del siglo XX? Buena parte de ellos fueron ya descritos a propósito de la caracterización de la Gran Ciencia: concentración de los recursos en unos pocos centros, especialización del trabajo de laboratorio, relevancia política y social de los proyectos, militarización³⁹, politización, burocratización, etc. Todos estos nuevos rasgos aparecidos con la *Big Science* hicieron que los objetivos mismos de la investigación se modificaran. Así, mientras que en la ciencia y tecnología modernas los objetivos últimos habrían sido la búsqueda de un conocimiento fiable y la eficiencia, con la Gran Ciencia (y la tecnociencia en general) los fines instrumentales adquieren una profunda relevancia (e.g., ganar una guerra, prestigio de un país, potencial económico...). Esta situación originaría una tensión constante en la tecnociencia, que procede de su propia estructura y es, por tanto, inherente a ella. Dado que objetivos e intereses diferentes deben tratar de acomodarse en una especie de equilibrio satisfactorio para todos los implicados, a menudo sin conseguirlo, el núcleo mismo de la tecnociencia es un constante conflicto. Y dado que tanto la Gran Ciencia como, sobre todo, la tecnociencia, no son ya solo cuestión de científicos y tecnólogos (sino también de militares, de políticos, de empresarios...) los objetivos puramente epistémicos no tienen por qué resultar privilegiados. De este modo, y en palabras del propio autor:

La macrociencia se asienta en un complejo entramado de relaciones interprofesionales, no en la autonomía de las comunidades científicas ni en el genio individual de algunas personas. Frente al modelo de la racionalidad instrumental, donde los fines de la actividad científica y tecnológica eran claros y distintos, las metas y objetivos de la actividad macrocientífica constituyen una estructura compleja, no exenta de

³⁸ Como se verá más adelante, la tecnociencia no sería posible sin esa alianza entre ciencia y tecnología, y, más en concreto, de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación.

³⁹ Esta será, precisamente, una de las características más relevantes que destaque Javier Echeverría (2003) a propósito de la Gran Ciencia. En su opinión, la relación de esta con los poderes militares fue tan estrecha que tuvo como consecuencia el abandono de parte de los valores tradicionalmente asociados con la ciencia moderna para dar cabida a otros nuevos, como el secretismo, el patriotismo, la disciplina, etc. Algo similar destaca ya Bush (1945) en su informe, donde pone de manifiesto lo fructífero de la relación ciencia-estado para la victoria en la Segunda Guerra Mundial, así como la importancia de publicar, paulatinamente, los descubrimientos realizados durante el conflicto y que se encontraban bajo secreto militar.

tensiones internas y externas porque dicha actividad está promovida por una pluralidad de agentes con intereses y objetivos muchas veces encontrados (Echeverría, 2003, pp. 39-40).

Esta pluralidad de sujetos, como se verá más adelante, implica también una pluralidad de valores y juega un importante papel en la dinámica de la actividad tecnocientífica, ya que los conflictos no pueden resolverse apelando a un objetivo o fin último supremo (como *el avance del conocimiento*). Dado que esta situación es inevitable, la tecnociencia debe aprender a convivir con el disenso y su análisis ha de tener en cuenta que los valores son cambiantes, tanto en las diferentes etapas de los proyectos, como entre unos y otros o entre distintas disciplinas tecnocientíficas.

Algunas otras características destacadas de la tecnociencia expuestas por Echeverría (2003) y que resultan especialmente significativas para su comprensión son las siguientes:

- ▶ **Financiación privada de la investigación.** La alianza que, en la tecnociencia, se produce entre la investigación y la empresa privada, altera claramente los ideales de la ciencia moderna de búsqueda de la verdad y el conocimiento como fines en sí mismos y pone el punto de mira en la ciencia como garantía para el desarrollo económico, militar y político. Este fenómeno de industrialización y privatización del conocimiento habría sido potenciado a partir de la crisis de la Big Science para tratar de reducir la enorme dependencia que esta tenía de la financiación gubernamental -herencia del modelo lineal y la inspiración en el informe de Vannevar Bush (1945) para el diseño de las políticas públicas de ciencia y tecnología- y del potencial agotamiento de recursos públicos ya anticipado por Weinberg (1961) o Solla Price (1963)⁴⁰. Como consecuencia de la privatización, los inversores comienzan a jugar un papel paulatinamente más destacado, especialmente en algunos campos como las nuevas tecnologías, y empieza a fomentarse una orientación más encaminada a la innovación que a la investigación, gracias a lo que algunas empresas de pequeño tamaño llegaron a convertirse en una referencia en el mercado (como Microsoft, Apple, etc.). La búsqueda de rentabilidad y la competencia en el mercado hacen también que el conocido como “capital intelectual” se convierta en un valor pujante de la tecnociencia, donde los resultados de las investigaciones se convierten en *mercancía*. Esta circunstancia, ya señalada por Gibbons *et al.* (1994), implicó la asimilación de algunos valores empresariales y de la capitalización de las investigaciones (por ejemplo, la primacía de la patentabilidad sobre la publicabilidad de los resultados), además de algunos valores sociales (con la intención de ampliar los potenciales consumidores) o jurídicos.

⁴⁰ Con todo, la financiación gubernamental de una importante parte de la investigación se mantiene aún en nuestros días y fue sin duda uno de los rasgos más característicos de la *Big Science* frente a la ciencia moderna, ya que supuso el abandono de la tutela de la comunidad científica para convertirse en un asunto de política pública.

- ▶ **Interdependencia mutua entre ciencia y tecnología.** La relación entre las dos disciplinas se estrecha hasta alcanzar una fusión casi total, sin la que la tecnociencia no podría existir. Esto supone que se incluyen en la dinámica científica algunos valores tecnológicos y viceversa. Así, la tecnociencia persigue el conocimiento pero, sobre todo, el conocimiento *útil*. De este modo, a los valores epistémicos (que se siguen manteniendo) se suman otros como la eficiencia, la funcionalidad, la aplicabilidad, etc. Por otra parte, del mismo modo que el instrumento básico de la ciencia moderna fueron las matemáticas, el de la tecnociencia es la informática que, gracias a su enorme capacidad operatoria, permite realizar simulaciones sobre los hechos; dos grandes novedades metodológicas que modulan completamente la actividad investigadora. De hecho, la importancia de la informática es tal, de acuerdo con el autor, que no podría haber tecnociencia sin ella (Echeverría, 2003).
- ▶ **Formación de redes de investigación.** Este proceso, que habría comenzado ya durante el periodo de la Gran Ciencia, alcanzaría en la tecnociencia su máximo nivel, gracias en buena medida a la contribución de las nuevas tecnologías de la comunicación, que permiten extender las redes de investigación más allá de la coincidencia geográfica. Entre otras cosas, esto supone que los resultados de la investigación han de tornarse en *informatizables* (para poder ser compartidos) y que la mayoría de las actividades se van orientando hacia el manejo y manipulación informática -hasta el punto de que *“para acceder a los datos empíricos y para obtener nuevos datos es indispensable el uso de las TIC”* (Echeverría, 2003, p. 71)-. Si las redes telemáticas no funcionan, el laboratorio tampoco puede funcionar, por lo que a nivel axiológico se observa la inclusión de valores nuevos como la fiabilidad, la compatibilidad o la integridad.
- ▶ **Contrato social para la ciencia.** El contrato social para la ciencia durante el periodo de máximo esplendor de la Gran Ciencia fue el modelo lineal. La existencia de políticas públicas de ciencia y tecnología ha sido tan importante para su desarrollo que, de hecho, no puede ser comprendida al margen de estas; y tanto el auge como la decadencia de la *Big Science* han estado marcadas por cambios en la política estadounidense. Por lo que respecta a la tecnociencia propiamente dicha, su gestación depende en gran medida del surgimiento de un nuevo contrato social: el modelo I+D+i. A nivel axiológico, esto significa que los valores políticos adquieren un papel relevante y que se incluyen además algunos valores sociales dentro del ámbito tecnocientífico por medio de las políticas públicas. Si la relación anterior entre ciencia y sociedad se limitaba a la recepción por parte de la segunda de los desarrollos de las investigaciones, así como a una cierta alfabetización, en el nuevo contrato se empieza a solicitar un mayor control de esos desarrollos que desemboca en la introducción de otro tipo de evaluación. De hecho, y como el propio Echeverría (2003) señala, esa irrupción en la sociedad ha sido más bien desconfiada y reactiva. Así, *“muchos jóvenes cuestionan más o menos abiertamente la educación tecnocientífica, sectores importantes de la sociedad demandan un control social de la investigación tecnocientífica, se desconfía de los informes y evaluaciones de los expertos en ciencia y tecnología y, por último, se*

contestan abiertamente algunas de las principales innovaciones tecnológicas” (Echeverría, 2003, p. 89).

- ▶ **Pluralidad de agentes tecnocientíficos.** El paso de la pequeña a la Gran Ciencia convirtió al sujeto científico de individual en plural (con la formación de grandes grupos de investigación). La tecnociencia, por su parte, aún potenció más esta tendencia, hasta el punto de que en una agencia tecnocientífica ha de haber, además de investigadores, gestores, asesores, juristas, políticos... Todo ello da lugar a conflictos de intereses y a la búsqueda de un equilibrio común. A nivel axiológico, esto significa que las acciones están guiadas por sistemas de valores plurales (en función del número de participantes) y, por ello, los conflictos forman parte de la estructura misma de la actividad tecnocientífica.
- ▶ **Relación con el medio ambiente.** En el contexto de la tecnociencia se toma conciencia de que el entorno puede ser profundamente modificado por los desarrollos, por lo que es importante tener en cuenta los riesgos asociados a ellos. Aunque la contaminación y otros problemas medioambientales proceden ya de la sociedad industrial, lo cierto es que la tecnociencia tienen un poder potencial de transformación y repercusión mucho mayor, lo que ha hecho que en ocasiones tenga que hacer frente a una fuerte oposición social con respecto a algunos de sus desarrollos. De esta forma, los valores ecológicos consiguen entrar en el terreno de juego de la tecnociencia, aunque sea tímidamente. Estos valores persiguen, fundamentalmente, un control y prevención de los riesgos e impactos negativos asociados con las acciones tecnocientíficas, y suelen modular su influencia contrarrestando otros valores como los económicos, los militares, etc.
- ▶ **Relación con el derecho.** El ámbito legal juega también un papel relevante en la tecnociencia, especialmente en relación con las patentes y otros mecanismos de propiedad del conocimiento (es preciso recordar en este sentido que, mientras el objetivo fundamental de la ciencia moderna ha sido el incremento del saber, en la tecnociencia es la obtención de innovación, siendo además innovación *vendible*). Ahora bien, en este contexto, la delimitación de los derechos de propiedad intelectual y de su explotación se torna problemática y el consejo legal se hace imprescindible. Además, hay que hacer frente a restricciones legislativas sobre algunos tipos de investigación (como la clonación) que son diferentes en cada país, por lo que la asesoría jurídica adquiere aún mayor relevancia.
- ▶ **Conflictos de valores.** Como se desprende de todos los nuevos rasgos analizados hasta el momento, los cambios producidos en la ciencia y la tecnología desde la aparición de la *Big Science* y, sobre todo, con la consolidación de la tecnociencia, han tenido una relevancia especialmente significativa por lo que respecta al terreno de la axiología. La inclusión de nuevos valores, que han de acomodarse entre sí y con los ya existentes, hace que los conflictos sean inherentes a la actividad tecnocientífica. Por otra parte, y de acuerdo con Echeverría (2003), no existe un único sistema de valores en la actividad tecnocientífica, sino que, en cada caso, unos u otros adquieren mayor relevancia. De esta forma, los valores éticos, que generalmente juegan un papel más bien secundario en las investigaciones, adquieren un peso específico mucho mayor, por ejemplo, en el caso de la biotecnología.

De esta forma,

Desde un punto de vista axiológico, la situación que estamos describiendo puede resumirse diciendo que, aparte de los valores epistémicos, técnicos y económicos (y en su caso militares, cuando hablamos de descubrimientos o invenciones con importancia estratégica), en la actividad tecnocientífica están presentes otros varios subsistemas de valores: ecológicos, políticos, sociales, jurídicos, etc. Algunos de esos valores van siendo interiorizados por los tecnocientíficos, aunque a regañadientes. Muchos de ellos añoran la época de la autonomía axiológica, cuando primaban claramente sus valores específicos. Por ello, como ya hemos apuntado anteriormente, en el seno de la tecnociencia no solo interviene una pluralidad de subsistemas de valores, sino que además existe un *conflicto estructural de valores*, los cuales pueden adoptar modalidades diversas según los países, los momentos y las disciplinas. No hay que olvidar que la tecnociencia se sigue mostrando altamente eficaz a la hora de transformar el mundo, o de dominar la naturaleza, si se prefiere. El problema consiste en que este segundo objetivo de la ciencia baconiana encuentra importantes contrapesos en esos nuevos subsistemas de valores que, aunque no hayan sido asumidos por las comunidades tecnocientíficas, tienen un predicamento cada vez mayor en la sociedad (Echeverría, 2003, pp. 98-99).

CONCLUSIONES

A lo largo de este trabajo se han presentado las propuestas más relevantes que, desde los estudios sociales de la ciencia, han abordado la cuestión de la existencia de un nuevo modo de producción de conocimiento en la investigación contemporánea (diferente de la ciencia moderna). De acuerdo con los autores revisados –Weinberg (1961, 1972), Funtowicz y Ravetz (1993), Gibbons *et al.* (1994), Jasanoff (1995), Ziman (1998) y Echeverría (2003)-, existen indicios suficientes para afirmar que, efectivamente, podríamos hablar de dos tipos de ciencia o de dos instituciones científicas diferenciadas. Los autores coinciden además en señalar que su surgimiento podría situarse, aproximadamente, en torno a la Segunda Guerra Mundial, momento en que aparecería este nuevo tipo de práctica científico-tecnológica que ya no podría ser descrita por medio de los esquemas empleados para la ciencia moderna. Esto significa que existirán, además, dos dinámicas diferentes de resolución de problemas, pero también de identificación de los problemas mismos y de relación con la sociedad y con el entorno.

Cuál sea el rasgo realmente distintivo del nuevo modo de producción postulado es algo en lo que no parece, por el contrario, existir acuerdo. Si bien es cierto que, como se ha ido señalando, muchos de los aspectos tratados por unos autores aparecen también reflejados en otros, y que a menudo se citan entre sí, los lugares comunes no son suficientemente amplios como para establecer una descripción unificada. Con todo, sí es posible afirmar que existe un cierto consenso en relación al hecho de que la emergencia del nuevo modo vendría acompañada por un nuevo rango de problemas en los que la incertidumbre juega un importante papel y que, por ello, no pueden ser resueltos en términos exclusivamente técnicos. Por el contrario, el nuevo modo de producción estaría caracterizado por el disenso y el conflicto entre expertos, así como por lagunas de conocimiento más o menos profundas e, incluso, insalvables. De este modo, la mejor alternativa posible (que viene además avalada por una gran cantidad de literatura CTS relacionada con la conveniencia de la participación pública en ciencia y tecnología) parece ser la inclusión de un mayor número de participantes en los procesos de identificación, evaluación y gestión de resultados de investigación, lo que permitiría modular las lagunas epistémicas mencionadas por medio de la inclusión explícita de

componentes éticos y valorativos. Esto facilitaría una toma de decisiones más contextualizada y mejoraría, posiblemente, la calidad de los procesos.

Un motivo añadido para el fomento de la participación sería el reconocimiento de la existencia de una pluralidad de intereses en la investigación contemporánea. Así, mientras los diferentes autores reconocen que en la ciencia moderna los valores epistémicos eran los dominantes y su interés último fue el incremento del conocimiento; en la nueva producción se habría hecho patente la existencia de una mayor injerencia de valores (que incluyen los empresariales, políticos, militares, etc.) a los que, por qué no, podrían añadirse los éticos y los sociales. Más aún, considerando que nos movemos en un rango de problemas urgentes, globales y de consecuencias desconocidas.

Como resultado, las medidas de gestión, evaluación y control del cambio científico-tecnológico inspiradas en el modelo positivista deberían ser reevaluadas a la luz de los nuevos rasgos de la producción de conocimiento, de modo que den cabida a sus características diferenciales y permitan un mejor ajuste de su desarrollo a las sociedades contemporáneas.

Finalmente es preciso señalar que, como se ha indicado ya en varias ocasiones a lo largo de este trabajo, lo más relevante del debate tratado no es la pregunta por la existencia de dos modos de producción de conocimiento en la ciencia y tecnología modernas y las contemporáneas; sino el análisis profundo que este conjunto de autores ha realizado acerca de las características de la investigación actual. En este sentido, cabe destacar que nuestra producción de conocimiento nos sitúa ante retos de gran calado y consecuencias temporal y espacialmente más extendidas que nunca hasta el momento, y que los rasgos mencionados y sus consecuencias son igualmente aplicables se afirme o no la existencia de una distinción ontológica.

REFERENCIAS

Beck, U. (1986). *La sociedad del riesgo*. Barcelona: Paidós (1998).

Brown, M.B. (2009). *Science in democracy: Expertise, institutions, and representation*. Cambridge: The MIT Press.

Bush, V. (1945). *Science, the Endless Frontier*. NSF (disponible en: <http://www.nsf.gov/od/lpa/nsf50/vbush1945.htm>).

Callon, M. y Rip, A. (1991). "Fourms hybrides et négociations des normes socio-techniques dans le domaine de l'environnement", *Environnement, Science et Politique. Cahiers du Germes*, 13. Paris: Groupe d'Exploitation et de Recherches Multidisciplinaires sur l'Environnement et la Société, pp. 227-238.

Carson, R.L. (1962). *Primavera silenciosa*. Barcelona: Editorial Crítica (2010).

Echeverría, J. (2003). *La revolución tecnocientífica*. Madrid: Fondo de Cultura Económica de España.

Edge, D. (1995). Reinventing the Wheel. En: Jasanoff et al. (eds.) (1995). *Handbook of Science and Technology Studies*. California: SAGE, pp. 3-23.

Funtowicz, S.O. y Ravetz, J.R. (1993). *La ciencia posnormal: ciencia con la gente*. Barcelona: Icaria Editorial (2000).

García Palacios, E., González Garlarte, J.C., López Cerezo, J.A., Luján, J.L., Martín Gordillo, M., Osorio, C. y Valdés, C. (2001). *Ciencia, tecnología y sociedad: una aproximación conceptual*. Madrid: OEI.

Gibbons, M. Limoges, C., Nowotny, H., Schwartzman, S., Scott, P. y Trow, M. (1994). *La nueva producción del conocimiento. La dinámica de la ciencia y la investigación en las sociedades contemporáneas*. Barcelona: Ediciones Pomares-Corredor (1997).

González García, M., López Cerezo, J.A. y Luján López, J.L. (1996). *Ciencia, tecnología y sociedad. Una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología*. Madrid: Tecnos.

Hackett, E.J., Amsterdamska, O., Lynch, M. y Wajcman, J. (eds.) (2008). *The Handbook of Science and Technology Studies. Third Edition*. Cambridge: The MIT Press.

Hanson, N.R. (1958). *Patrones de descubrimiento. Observación y explicación*. Madrid: Alianza (1977).

Herschel, J. (1830). *A Preliminary Discourse on the Study of Natural Philosophy*. Londres: Longmen.

Jasanoff, S. (1995). "Procedural Choices in Regulatory Science", *Technology in Science*, 17/3, pp. 279-293⁴¹.

Jasanoff, S., Markle, G.E., Petersen, J.C. y Pinch, T. (eds.) (1995). *Handbook of Science and Technology Studies*. California: SAGE.

Jevons, W.S. (1900). *Nociones de lógica*. París: Garnier Hnos.

Kuhn, T.S. (1962). *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica (1975).

Latour, B. (1987). *Ciencia en acción. Cómo seguir a los científicos e ingenieros a través de la sociedad*. Barcelona: Labor (1992).

Martínez Alier, J. (2000). Prólogo a la edición española. En S.O. Funtowicz y J.R. Ravetz (1993). *La ciencia posonormal. Ciencia con la gente*. Barcelona: Icaria Editorial (2000).

Merton, R.K. (1942). The Normative Structure of Science. En *The Sociology of Science: Theoretical and Empirical Investigations*. Chicago: University of Chicago Press.

Putnam, H. (1962). What Theories are Not. En Nagel, E., Suppes, P y Tarski, A. (eds.). *Logic, Methodology and Philosophy of Science*. Stanford University, pp. 240-252.

Reichenbach, H. *Experience and Prediction*. Chicago: Chicago University Press.

⁴¹ Una primera versión de este trabajo fue publicada en el año 1993 en la revista *Risk. Issues in Health and Safety*, 4, pp. 143-160. Se ha considerado, sin embargo, que la actualización realizada para la publicación en 1995 resulta de mayor interés para este trabajo, por lo que se ha manejado esta última.

Referencias

Roberts, N. (2004). "Public Deliberation in an Age of Direct Citizen Participation", *The American Review of Public Administration*, 34/4, pp. 315-353.

Sanmartín, J. (1990). *Tecnología y futuro humano*. Barcelona: Anthropos.

Sarewitz, D. (1996). *Frontiers of Illusion: Science, Technology and Problems of Progress*. Philadelphia: Temple University Press.

Solla Price, D.J. (1963). *Big Science, Little Science*. Nueva York: Columbia University Press.

Todt, O. (2011). "The limits of policy: Public acceptance and the reform of science and technology governance", *Technological Forecasting & Social Change*, 78, pp. 902-909.

Weinberg, A.M. (1961). "Impact of Large-Scale Science on the United States", *Science* 134/3473, pp. 161-164.

Weinberg, A.M. (1972). "Science and Trans-Science", *Minerva* 10, pp. 209-222.

Ziman, J. (1998). *¿Qué es la ciencia?* Madrid: Cambridge University Press (2003).

