

# **TECNOCIENCIA, RETOS, MODELOS**

Manuel Medina

Universitat de Barcelona

<http://ctcs.fsf.ub.es/prometheus21/>

## **Introducción**

Cada vez es más evidente y decisiva la configuración global de las culturas por la arrolladora corriente de innovaciones tecnocientíficas. La palpable transformación de las culturas en *tecnoculturas* fomenta la aceptación de la ciencia y la tecnología como modalidades culturales. En los medios de la divulgación y del periodismo científico actual, se ha hecho relativamente corriente disertar sobre la “cultura científica”. Según se dice, es preciso superar, de una vez por todas, la separación existente entre las *dos culturas* que se han establecido con la ciencia y la tecnología, por un lado, y las humanidades, por el otro. Esta clase de discurso acerca de la ciencia y la tecnología se sitúa, con frecuencia, en un contexto de carácter apologético, en el que se intenta lograr la plena asimilación cultural de las mismas junto con la aceptación de la autoridad científica frente a ciertas imágenes negativas y a no pocas resistencias provocadas por las consecuencias del acelerado desarrollotecnocientífico.

Aparte de sus componentes valorativos y políticos, la articulación consistente de tales discursos interpretativos entraña considerables dificultades relacionadas con las mismas nociones de ciencia, tecnología y cultura de las que se parte. Pues, se intenta unificar, de algún modo, los dominios tecnocientíficos y los culturales desde perspectivas filosóficas que los interpretan como esencialmente distintos y contrapuestos. Generalmente, cuando se habla en estos casos de la cultura de la ciencia, se está muy alejado de una comprensión antropológica dispuesta a relativizarla en términos de igualdad con otras culturas. Más bien se trata, por el contrario, de promover el primado cultural de la tecnociencia en todos los ámbitos del conocimiento, de la interpretación y de la intervención y de estabilizar y legitimar la tecnocientificación generalizada de las culturas contemporáneas.

Sin embargo, a partir de mediados del siglo XX las concepciones de la ciencia se han ido transformando a la par que el desarrollo de nuevos estudios filosóficos, históricos y sociales de la ciencia y la tecnología. Estas investigaciones han puesto progresivamente de manifiesto la compleja trama de los diversos agentes y entornos que integran la ciencia y la tecnología contemporáneas. En el curso de una espiral de giros interpretativos, las concepciones lingüísticas y metodológicas de la filosofía analítica de la ciencia, predominantes hasta principios de la segunda mitad del siglo pasado, han tenido que ir dando paso tanto a los contextos sociales, históricos, políticos y valorativos, como a los materiales y tecnológicos.

Pero, también es cierto que los distintos giros han dado lugar a confrontaciones interpretativas, como las llamadas *Science Wars* que actualmente se libran entre defensores incondicionales de concepciones analíticas y de concepciones sociológicas de la ciencia, armados con sus correspondientes interpretaciones racionalistas y relativistas<sup>1</sup>. Tales guerras filosóficas acostumbran a tener, de hecho, un trasfondo de contiendas sociológicas en las que se defienden, junto con concepciones y teorías contrapuestas, posiciones y territorios profesionales y académicos<sup>2</sup>.

Por encima de la tendencia de las trincheras interpretativas polarizadas a relegarse y combatirse mutuamente, hay que tener en cuenta que cualquier intento de comprender y valorar la tecnociencia del siglo XXI ha de situarse en el contexto de la totalidad de los agentes y de los entornos que los diversos giros han ido destacando. El propio carácter de la tecnociencia contemporánea, esencialmente híbrido de teorías, prácticas, tecnologías, entornos naturales y contextos sociales, plantea el difícil reto de una comprensión capaz de abarcar e integrar toda su complejidad de una forma rigurosa. Pero, más allá de las cruzadas académicas, los retos más fundamentales e ineludibles para las culturas del siglo XXI, en general, y para los estudios de ciencia y tecnología, en particular, tienen que ver, sin duda alguna, no sólo con la comprensión de la tecnociencia y de las innovaciones tecnocientíficas sino, de una manera especial, con los modelos de valoración e intervención que puedan manejar los impactos y las crisis generadas por las transformaciones y las globalizaciones tecnocientíficas.

## **I. La espiral de ciencia, tecnología y sociedad**

Cada uno de los giros interpretativos que han ido configurando la espiral de ciencia, tecnología y sociedad en el siglo XX equivale, de algún modo, a reivindicar la reintegración en la complejidad de la tecnociencia de alguno de sus entornos cuya relevancia se había ignorado hasta entonces. A partir de la idea de ciencia como conocimiento centrado en los entornos lingüísticos y teóricos, se ha ido reclamando progresivamente la importancia y la prioridad para los entornos sociales, políticos e institucionales, para las prácticas y los entornos técnicos y materiales, y también para los entornos valorativos y de intervención. Finalmente, la espiral interpretativa ha proyectado una imagen cultural de la tecnociencia mucho más rica y compleja que la que se manejaba anteriormente.

### **Giro lingüístico**

En contraposición a las interpretaciones psicologistas y mentalistas del conocimiento científico que predominaban en la tradición filosófica desde Hume y Kant, la moderna filosofía de la ciencia del siglo XX supuso un giro lingüístico al identificar, esencialmente, la ciencia con formulaciones lingüísticas en forma de conceptos y sistemas teóricos. En consecuencia, el análisis conceptual y lógico del discurso y de las teorías científicas pasó a considerarse como el método filosófico fundamental para su estudio. Esta concepción lingüística tuvo sus inicios en el ámbito

de las teorías matemáticas con Gottlob Frege y Bertrand Russell, pero luego se generalizó para extenderse al campo de la física.

Aunque al principio se estructuró en la Europa central de los años veinte y treinta, sobre todo entorno al Círculo de Viena, fue, sin embargo, en EE UU donde la filosofía analítica de la ciencia llegó a institucionalizarse con más fuerza mediante la fundación de la *Philosophy of Science Association* en 1934. A este país emigraron, huyendo del régimen nazi, varios de sus más significativos promotores europeos, como Rudolf Carnap o Carl Hempel. El asentamiento de la concepción analítica de la ciencia en la primera mitad de siglo fue de la mano con su fijación a la física como el modelo universal de toda ciencia. Al finalizar la II Guerra Mundial, la física moderna se había consolidado como la estrella de las ciencias, sobre todo después del éxito en EE UU del proyecto Manhattan para la construcción de la bomba atómica. Con ello se hizo patente la importancia industrial, geopolítica y militar de la emergente tecnociencia y la filosofía de la ciencia pasó a participar, de algún modo, de los éxitos científicos.

Así pues, la moderna filosofía de la ciencia se centró desde sus orígenes en el análisis, preferentemente formal, del lenguaje, la argumentación y la verdad de enunciados y teorías científicas. El objeto prioritario de estudio fueron los productos conceptuales y teóricos de la investigación científica. Mediante el análisis interno de las estructuras cognitivas con la ayuda de sofisticados aparatos lógicos y formales se quería llevar a cabo la llamada reconstrucción racional del conocimiento científico.

Al equiparar la ciencia con sistemas teóricos y conceptuales, centrados en enunciados nomológicos que se denominaban leyes científicas, y al primar exclusivamente las cuestiones conceptuales y de orden lógico formal, la filosofía de la ciencia interpretó la actividad científica básicamente como una empresa intelectual de investigación teórica regida por un método racional. Dicha tarea debía deslindarse claramente de cualquier otro tipo de actividad, incluida la misma tecnología, interpretada como normas de acción práctica que indicaban cómo se debía proceder para conseguir un fin determinado basándose en las propias leyes científicas.

Con la reducción filosófica de la ciencia a los productos conceptuales y teóricos quedaban prácticamente excluidos cualesquiera otros aspectos de la ciencia, que se consideraban *externos*, tal y como se ponía ya de manifiesto en la siguiente declaración programática de Carnap en 1938:

La tarea de analizar la ciencia puede ser vista desde varios ángulos... Por ejemplo, podemos pensar en investigar la actividad científica... La materia en cuestión de dichos estudios es la ciencia como un conjunto de acciones llevadas a cabo por ciertas personas bajo ciertas circunstancias... Llegamos a otro tipo de teoría de la ciencia si no estudiamos las acciones de los científicos sino sus resultados y en particular la ciencia como un cuerpo ordenado de conocimientos... Entendemos por 'resultados' ciertas expresiones lingüísticas, por ejemplo, los enunciados aseverados por los científicos. La tarea de la teoría de la ciencia en este sentido será analizar esos enunciados, estudiar sus tipos y sus relaciones, así como analizar los términos en tanto componentes de esos enunciados y teorías, siendo estos sistemas ordenados de dichos enunciados... Pero es posible abstraernos en el análisis de los enunciados de las personas que aseveran dichos enunciados y de las condiciones psicológicas y sociológicas de dichas aseveraciones<sup>3</sup>.

La restricción a los productos teóricos de la ciencia como objeto de estudio definido y acotado para el que estaban disponibles medios y procedimientos de análisis lógicos y lingüísticos, fue, sin duda, una de las claves de la productividad de la filosofía analítica de la ciencia y de su difusión como una de las ramas de la filosofía moderna. Sin embargo, de esta forma se dejaban fuera de juego, como irrelevantes, no sólo los contextos personales y sociales sino también los técnicos y valorativos, junto con las cuestiones de carácter histórico. Estas características originarias de la concepción heredada de la filosofía analítica de la ciencia se transmitieron, de una forma u otra, a los planteamientos y revisiones posteriores, tales como las diversas formas de falsacionismo, la concepción semántica, etc. surgidas para superar los problemas generados internamente por las mismas teorías filosóficas analíticas.

### **Giro sociológico e historicista**

Aunque no provenía directamente de la tradición filosófica, Thomas Kuhn propulsó, a partir de la publicación de *La estructura de las revoluciones científicas* en 1962, un *giro sociológico e historicista* en los estudios de la ciencia, en general, y en la filosofía de la ciencia, en particular. Según su autor, la ciencia no consistía fundamentalmente en sistemas de proposiciones verdaderas ni estaba regida por principios lógicos y metodológicos inmutables, sino que representaba una empresa social basada en un consenso organizado, es decir, el producto de un grupo social. Los contextos sociales no sólo dejaban, así, de ser irrelevantes sino que pasaban a ocupar un papel central para la comprensión de la ciencia. De paso, las obras de Kuhn pusieron en evidencia la tradicional ahistoricidad de los estudios analíticos de la ciencia tanto implícita como explícitamente, al defender que la historia debía preparar el camino de la filosofía de la ciencia.

Los trabajos de Kuhn dieron trascendencia filosófica a un giro que se había articulado originariamente en el primer tercio del siglo XX con los primeros estudios sociales e históricos de la ciencia a partir de los planteamientos desarrollados por Karl Marx, Max Scheler y Karl Mannheim en sus investigaciones sociológicas sobre el conocimiento en general. Estudios como los de Ludwik Fleck<sup>4</sup> (a quien el mismo Thomas Kuhn señala en el prefacio de su obra como un precursor de sus ideas), Boris Hesser<sup>5</sup> o Edgar Zilsel<sup>6</sup> formaron parte de un importante giro sociológico e historicista que se manifestó claramente en el II Congreso Internacional de Historia de la Ciencia de Londres, en 1931. Los nuevos planteamientos entendían la ciencia, fundamentalmente, como el resultado de interacciones sociales y su estudio se centró en los contextos sociológicos y económicos que configuraban su desarrollo.

Ya en la segunda mitad del siglo XX se instaló en EE UU la sociología de la ciencia de Robert Merton, que intentaba un compromiso entre los planteamientos más críticos de la tradición marxista y los más conservadores del sociólogo y economista Max Weber. El objeto de la investigación sociológica mertoniana se limitaba, sin embargo, a las normas, los sistemas de remuneración, los roles, etc. que estructuraban socialmente las comunidades de los científicos,

respetando como territorio de la filosofía de la ciencia el estudio interno de los conocimientos científicos.

En este contexto, el cambio teóricamente más radical se produjo en el último cuarto del siglo XX por una nueva vuelta de tuerca al giro sociológico. La investigación sociológica de la ciencia rechazó las delimitaciones mertonianas, para tomar como objeto propio de estudio empírico no ya la estructura social de las comunidades científicas, sino el mismo conocimiento científico y su producción específica. La nueva sociología del conocimiento científico abordó directamente, para escándalo de filósofos de la ciencia, la explicación causal del origen y del cambio de los hechos y de las teorías científicas a partir de intereses, fines, factores y negociaciones sociales. Sus tesis más características pueden resumirse en una concepción de la ciencia como resultado de procesos de *construcción social*.

Este giro sociológico-construccionista inició su andadura europea en la *Science Studies Unit* de la Universidad de Edimburgo, y encontró su primera articulación programática en el *Strong Programme*, formulado por David Bloor en 1976. El Programa Fuerte defendía una explicación sociológica de la naturaleza y el cambio del conocimiento científico que había de ser *causal* (especificaba los factores sociales determinantes), *imparcial* (la verdad o falsedad de los supuestos investigados era irrelevante), *simétrica* (podía aplicarse tanto a creencias verdaderas como falsas) y *reflexiva* (su aplicación incluía la sociología misma). En 1983, H. M. Collins formulaba con el nombre de *Empirical Programme of Relativism* un programa metodológico de carácter más operativo, en el que quedaban aún más claros, si cabe, los planteamientos relativistas del construccionismo sociológico.

### **Giro de la filosofía de la tecnología**

Karl Marx fue el primer teórico que atribuyó a la técnica un papel central en la construcción de sus teorías. Al “poner a Hegel sobre sus pies” Marx reinvertió también, de algún modo, la relegación tradicional de la técnica con relación a las elaboraciones teóricas, emplazándola como motor de la emancipación humana en su teoría del desarrollo histórico. Según esta teoría, el desarrollo de los medios de producción, determinado por las innovaciones técnicas, es el que configura los cambios en las estructuras socio-políticas e ideológicas. Su “materialismo” o humanismo materialista consiste, precisamente, en conceder a la innovación de las técnicas materiales la primacía sobre el desarrollo político y cultural.

Sin embargo, el primer autor en acuñar la expresión “filosofía de la técnica” fue el geógrafo antimarxista Ernst Kapp. En su obra *Grundlinien einer Philosophie der Technik*, publicada en 1877, desarrolló una interpretación de las invenciones e instrumentos técnicos como proyecciones de los órganos humanos. Desde una perspectiva optimista, Kapp intentó una revalorización neohegeliana de la técnica como propulsora del desarrollo cultural, moral e intelectual.

En esta misma línea de valoración positiva, el ingeniero Friedrich Dessauer repite el título *Philosophie der Technik* en una obra publicada en 1927. Para Dessauer las invenciones técnicas consisten en aproximaciones a la solución ideal, platónicamente preestablecida, de problemas técnicos. El hombre sólo actualiza formas técnicas existentes ya en potencia y, al hacerlo, obra como instrumento de Dios para continuar la creación. En la filosofía de Dessauer reencontramos el intento de revalorizar la técnica y el estamento ingenieril, que el autor escala hasta llegar a la rehabilitación teológica.

José Ortega y Gasset es el primer filósofo profesional que dedica expresamente un estudio a la técnica. Su *Meditación de la técnica* se publica en forma de libro en 1939, pero recoge los escritos para un curso impartido en 1933 en la universidad de verano de Santander, que habían sido ya publicados en forma de artículos por La Nación de Buenos Aires en 1935. La obra empieza anticipando que “uno de los temas que en los próximos años se va a debatir con mayor brío es el sentido, ventajas, daños y límites de la técnica”<sup>7</sup>. La interpretación orteguiana de la técnica no es trascendental, sino más bien *existencial*. Para Ortega el hombre es un ser técnico determinado biológica pero no culturalmente, “el ser para el cual lo superfluo es necesario”. La técnica representa “la creación de posibilidades siempre nuevas que no hay en la naturaleza del hombre”, posibilitando así la realización de diferentes “planes vitales”.

A diferencia de Ortega, cuyos escritos sobre la técnica apenas encontraron eco ni entre sus propios seguidores, otro filósofo profesional, Martin Heidegger, habría de ejercer con su opúsculo *La pregunta por la técnica*, editado en 1954, un notable influjo en la corriente fenomenológica y humanística de la filosofía de la tecnología norteamericana. Su interpretación filosófica de la técnica y de la relación de ésta con la ciencia se centra en el carácter esencialmente tecnológico de la física moderna, constatación a la que debió llegar a través de la lectura de *La imagen de la Naturaleza en la física actual* de Werner Heisenberg, al que él mismo menciona en su obra:

Se dice que la técnica moderna es incomparablemente diferente de todas las anteriores porque se basa en la moderna ciencia natural exacta. Entretanto se ha reconocido con más claridad que también la inversa es cierta: la física moderna, en cuanto experimental, depende del aparataje técnico y del progreso de la construcción de aparatos. La constatación de esta relación mutua entre técnica y física es correcta<sup>8</sup>.

En la terminología heiddegeriana, la técnica moderna se interpreta como una imposición a la naturaleza para provocar su desocultamiento como un complejo calculable de fuerzas.<sup>9</sup> En términos menos esotéricos se podría decir que los procesos energéticos provocados, controlados y reproducidos mediante los artefactos creados por la física constituyen la naturaleza que se “revela” en la ciencia. Dadas las características de la física y de la técnica modernas no se puede afirmar, a juicio de Heidegger, que la técnica sea ciencia aplicada, sino más bien lo contrario. En esto, Heidegger formula en términos de su propia filosofía lo que el físico Heisenberg y otros teóricos de la física, como Hugo Dingler<sup>10</sup>, ya habían constatado:

Por el hecho de que la esencia de la técnica moderna se basa en la imposición, esa técnica ha de utilizar la ciencia natural exacta. De ahí nace la apariencia engañosa de que la técnica moderna es ciencia natural aplicada. Esta apariencia se puede mantener en tanto no se indaga suficientemente ni el origen esencial de la ciencia moderna ni todavía menos la esencia de la técnica moderna<sup>11</sup>.

Éstas y otras heterogéneas *protofilosofías* de la técnica difícilmente hubieran llegado por sí mismas a configurar un territorio filosófico propio. De hecho, han sido los incansables esfuerzos de algunos profesionales de la filosofía los que han ido logrando establecer lentamente, en algunos países, una filosofía de la tecnología como disciplina por derecho propio. Sobre todo a partir de los años setenta del siglo XX, filósofos provenientes de diversas corrientes llegaron a unirse en EE.UU. y Alemania en el empeño común de crear las bases institucionales de una nueva rama de la filosofía, al igual que se había conseguido para la filosofía de la ciencia en la primera mitad del siglo.

La primera reunión académica en que se planteó la filosofía de la tecnología como una meta concreta tuvo lugar a la sombra del VIII Congreso Anual de la *Society for the History of Technology* (SHOT), celebrado en San Francisco en 1965. En dicho congreso se organizó un simposio con el nombre de “Toward a Philosophy of Technology” en el que intervinieron, entre otros, Lewis Mumford y Henryk Skolimovski, y donde fue muy significativa la participación de filósofos de la ciencia como Mario Bunge y Joseph Agassi. Las actas del simposio aparecieron al año siguiente en la revista de la SHOT *Technology and Culture*. Por esta misma época el tema de la filosofía de la tecnología resonaba también dentro del colectivo filosófico internacional. En el marco del XIV Congreso Mundial de Filosofía, que se celebró en Viena en 1968, tuvo lugar un coloquio especial dedicado a “Cibernética y Filosofía de la Tecnología”, al que se presentaron numerosas contribuciones.

Pero habría que esperar a la década de los setenta para que empezaran a proliferar obras filosóficas dedicadas a la tecnología y, sobre todo, para que cuajaran los intentos de institucionalización en los EE.UU. Paul Durbin, a quien se ha llamado con razón el “padrino” de la filosofía de la tecnología norteamericana, organizó en 1975 y 1977 congresos sobre “Filosofía y Tecnología” en la Universidad de Delaware. A partir de aquí cristalizaron los soportes institucionales de la filosofía de la tecnología en Norteamérica. La *Philosophy and Technology Newsletter*, la colección *Research in Philosophy and Technology* que más tarde se llamaría simplemente *Philosophy and Technology* y sería la publicación oficial de la *Society for Philosophy and Technology* (SPT). Esta asociación, tras un período de funcionamiento más o menos informal, se organizó formalmente en 1983, casi exactamente cincuenta años después de que se fundara la *Philosophy of Science Association* (PSA).

A principios de la década de los 80, el filósofo alemán Friedrich Rapp, quien había editado *Contributions to a Philosophy of Technology* en 1974, se pone en contacto con Paul Durbin para organizar un congreso conjunto de los grupos norteamericano y alemán que estaban promocionando la filosofía de la tecnología en sus respectivos países. Este congreso, que tiene lugar en 1981 en Bad Homburg, Alemania, y cuyas actas editarán conjuntamente Durbin y Rapp

en 1983 con el título *Philosophy and Technology*, inaugura la serie de congresos bienales de la *Society for Philosophy and Technology* que se han venido celebrando regularmente a partir de entonces.

El primero en utilizar la denominación “filosofía analítica de la técnica” fue el mismo Rapp en 1978 en una obra suya con ese mismo título, en la que el autor relaciona expresamente su planteamiento filosófico con la filosofía analítica de la ciencia. Al igual que esta última se centra en el análisis de las estructuras teóricas, la filosofía analítica de la técnica tiene por objeto “el análisis estructural de la acción dirigida a un fin concreto” para “tratar de comprender el estatus metodológico y además gnoseológico del actuar técnico”<sup>12</sup>. Para Rapp, “la capacidad de rendimiento de la técnica moderna se basa en la aplicación de los principios de las ciencias naturales y de los conocimientos de las ciencias de ingeniería”<sup>13</sup>.

Sin embargo, fue Mario Bunge quien más impulsó el interés filosófico por la técnica desde el campo de la filosofía de la ciencia y quien más sistemáticamente transportó los planteamientos de la filosofía analítica de la ciencia a la filosofía de la tecnología. Así como la filosofía de la ciencia se centraba en el análisis del método, las leyes y las teorías científicas, las cuestiones centrales de la filosofía de la tecnología habían de ser, según Bunge, i) la existencia de un método tecnológico paralelo al método científico, ii) la existencia de leyes tecnológicas y, en su caso, su diferencia respecto a las leyes científicas y iii) la peculiaridad de las reglas tecnológicas en relación con las reglas científicas<sup>14</sup>.

Para aplicar el tipo de análisis propio de la filosofía de la ciencia, había que encontrar en el campo de la tecnología (identificada usualmente con artefactos y procedimientos) formulaciones lingüísticas que, de alguna forma, fueran equivalentes a los sistemas conceptuales y teóricos con los que se identificaba la ciencia. La interpretación de la tecnología como ciencia aplicada resolvía este problema<sup>15</sup>. En primer lugar, se descartan como no pertenecientes a la tecnología el saber práctico o saber-cómo-proceder, por tratarse de “mera habilidad o capacidad en vez de conocimiento conceptual”<sup>16</sup>, así como las “recetas de las artes y oficios y de la producción”<sup>17</sup>. Para Bunge, lo que caracteriza la tecnología y constituye el estudio central de la filosofía de la tecnología son las reglas tecnológicas o normas fundamentales de la acción<sup>18</sup>.

Según esto, las reglas tecnológicas son “instrucciones para realizar un número finito de actos en un orden dado y con un objetivo determinado” y “pueden simbolizarse por una cadena de signos”<sup>19</sup>. Son normas que “indican cómo se debe proceder para conseguir un fin determinado” y están además basadas “en un conjunto de fórmulas de leyes capaces de dar razón de su efectividad”.<sup>20</sup> Bunge destila como quintaesencia de la tecnología las reglas tecnológicas, entendidas como formulaciones lingüísticas que representan teóricamente el saber tecnológico. De esta forma se llega a enunciados teóricos susceptibles de análisis lógico e incluso formal.

La condición de que las reglas tecnológicas han de estar fundamentadas en leyes científicas establece el nexo directo entre la filosofía de la tecnología y la filosofía de la ciencia. Dado que el modo de fundamentar se basa en la derivación lógica y que en buena lógica asertoria no se pueden derivar reglas tecnológicas (enunciados normativos) de leyes científicas (enunciados

nomológicos), Bunge introduce lo que él llama enunciados *nomopragmáticos*, como una especie de equivalentes asertorios de las reglas, que permiten la derivación en cuestión<sup>21</sup>.

De este modo se intentaba marcar la orientación en la que se debía interpretar la tecnología desde la filosofía de la ciencia, transfiriendo la interpretación representacional y nomológica de la ciencia a la tecnología para acabar fundamentando la efectividad tecnológica en la verdad científica. Sin embargo, los desarrollos posteriores tanto en el campo de la filosofía como en el de los estudios de la ciencia y la tecnología apuntarían en una dirección más bien opuesta, la del *giro tecnológico y pragmático*.

### **Giro tecnológico y pragmático**

Los numerosos estudios de la sociología del conocimiento científico han contribuido a poner claramente de manifiesto la relevancia de los contextos sociales para comprender la actividad y los resultados científicos. Sin embargo, dentro del mismo campo de los nuevos estudios de ciencia y tecnología se ha articulado una corriente crítica respecto a los planteamientos sociológicos que sostienen radicalmente las tesis de la construcción social de la ciencia y priman unidimensionalmente la explicación sociológica pura del cambio científico, es decir, a partir únicamente de causas sociales. Se critica que el tratamiento de la ciencia como construcciones puramente sociales no tiene en cuenta todos los aspectos esencialmente constitutivos de la misma, tal y como lo expresa Andrew Pickering:

La sociología del conocimiento científico simplemente no llega a ofrecernos el aparato conceptual necesario para captar la riqueza del hacer científico, el denso trabajo de construir instrumentos, planificar, llevar a cabo e interpretar experimentos, elaborar teorías, negociar con los gestores de los laboratorios, con las revistas, con las instituciones financiadoras, y así sucesivamente. Describir la práctica científica como abierta e interesada equivale, en el mejor de los casos, a rasguñar la superficie<sup>22</sup>.

En especial, “la obstinada devoción por la ‘construcción social’ como recurso explicativo”<sup>23</sup> ignora, de algún modo, el papel de los entornos y artefactos materiales y tecnológicos y su interacción con los agentes humanos en la investigación científica. Esta crítica se realiza precisamente desde lo que podemos llamar un *giro tecnológico* que completaba el conjunto de los entornos de la ciencia entendida también “como un campo de dispositivos materiales operativos (y comprendiendo las representaciones científicas en relación con estos dispositivos, más bien que en su aislamiento esplendoroso usual)”<sup>24</sup>. Este giro tecnológico destaca, frente a las concepciones representacionales, la relevancia de los artefactos tecnológicos para la comprensión de la ciencia moderna:

Las versiones tradicionales de la ciencia dan por supuesto que el objetivo de la ciencia consiste en producir representaciones de cómo es el mundo en realidad; por el contrario, el admitir un papel para la agencia material apunta al hecho de que, al igual que la tecnología, la ciencia se puede considerar también como un dominio de instrumentos, dispositivos, máquinas y sustancias que actúan, operan y hacen cosas en el mundo material<sup>25</sup>.

Desde la misma filosofía de la ciencia surgieron replanteamientos en esta dirección, como los de Ian Hacking, que se desmarcaron de las concepciones filosóficas puramente representacionales para reconocer que la ciencia no puede reducirse sólo a las teorías científicas, sino que la práctica experimental es esencialmente un modo de intervención tecnológica<sup>26</sup>. Hacking propone abandonar la moda de no hablar sobre las cosas sino sobre la forma en que hablamos sobre las mismas, para dejar de hablar de enunciados observacionales y hablar de la actividad experimental<sup>27</sup>. Según su filosofía, “las teorías de las ciencias de laboratorio no se comparan directamente con ‘el mundo’; persisten porque son verdaderas acerca de los fenómenos producidos o incluso creados por aparatos en el laboratorio y se miden mediante instrumentos que nosotros hemos construido”<sup>28</sup>. Estos replanteamientos filosóficos, que giran sobre la integración de la práctica científica y sus entornos técnicos y artefactuales, parten de la constatación de que “los filósofos de la ciencia debaten constantemente sobre las teorías y las representaciones de la realidad, pero no dicen casi nada sobre la experimentación, sobre la tecnología o sobre el saber como herramienta para transformar el mundo”<sup>29</sup>.

### **Giro de la filosofía constructiva de la ciencia**

Las primeras manifestaciones del giro tecnológico y pragmático en filosofía de la ciencia se remontan a la filosofía constructiva de la ciencia. Esta corriente filosófica ocupa un lugar pionero en el estudio metódico del carácter operativo y tecnológico de la ciencia. Inspirada originariamente en los trabajos de Hugo Dingler, se empezó a desarrollar a partir de los años sesenta del siglo XX en Alemania. Paul Lorenzen fue su principal impulsor y con su obra dio lugar a la importante corriente de constructivismo filosófico que anticipó en más de un decenio las ideas constructivas que se defenderían en los estudios sociales de la ciencia.

Para Lorenzen, la ciencia moderna “se muestra como un producto de nuestra cultura técnica: se basa en una práctica precientífica exitosa”<sup>30</sup> y esta idea forma parte de un giro pragmático en marcha:

En la teoría de la ciencia se empieza a reconocer lentamente en nuestro siglo con el llamado giro pragmático que toda ciencia (toda teoría) sólo puede comprenderse sobre la base de una técnica ya - parcialmente - exitosa. Las teorías son instrumentos lingüísticos en apoyo de una práctica ya en marcha<sup>31</sup>.

En la filosofía constructiva de la ciencia, la primera tarea consiste, precisamente, en conceptualizar y formular teóricamente esos procedimientos técnicos (constructivos) previos, para llegar a la comprensión de las ciencias como sofisticadas prácticas tecnológicas que se han desarrollado con la ayuda de teorías. Desde sus mismos inicios, la teoría constructiva de la ciencia se centró en la reconstrucción sistemática de disciplinas científicas específicas como la matemática (desde la aritmética al análisis), la lógica, la geometría o la física. La matemática y la lógica constructivas se han estudiado como teorías del operar con símbolos, respectivamente, en

la práctica del cálculo y de la argumentación. La geometría y la física, en cambio, se consideran como “ciencias técnicas”.

Para Lorenzen, la geometría euclidiana, por ejemplo, es una “ciencia fundamental” (*Grundlagenwissenschaft*) de nuestra tecnología, ya que representa una condición para la reproducibilidad de las mediciones.<sup>32</sup> Pero, a su vez, tiene un fundamento técnico basado “en una práctica que pertenece, desde hace al menos 5000 años, a las técnicas elementales de nuestra cultura”<sup>33</sup>. Dichas técnicas de la construcción de formas geométricas (superficies planas, etc.) y del cálculo geométrico (que alcanzaron un alto desarrollo en las antiguas culturas mesopotámicas y egipcias) constituyen la *geometría técnica*. La conceptualización teórica de tales operaciones técnicas de construcción geométrica, que recibe el nombre de *Protogeometría*, permite reconstruir el fundamento técnico de los conceptos fundamentales de la geometría teórica. La teorización protogeométrica es un ejemplo claro de estudio filosófico de la técnica implicada en las ciencias, el cual, en la filosofía constructiva, precede siempre a la interpretación de las teorías científicas como construcciones teóricas. La filosofía de la técnica es, pues, una parte integrante fundamental de la filosofía constructiva de la ciencia.

En el caso de la física en general, los fundamentos técnicos (objeto de la llamada *Protofísica*) no sólo incluyen las técnicas de construcción y uso de los instrumentos de medición (es decir, además de la geometría técnica, la cronometría e hilometría técnicas para la medición de tiempos y masas) sino también la exuberante tecnología de los aparatos de reproducción y control de los efectos y procesos en los laboratorios<sup>34</sup>.

Los estudios filosóficos constructivos han contribuido a poner de manifiesto, de una forma específica, la constitución tecnológica de la ciencia moderna. Pero, evidentemente, no son los únicos que apuntan en esta dirección dentro de la filosofía del siglo XX. Anteriormente hemos mencionado a Heidegger, inspirado por Heisenberg, en este sentido. También habría que hablar, entre otros, de John Dewey. Para este filósofo, la tecnología no se circunscribe a los artefactos materiales sino que puede considerarse como el conjunto de todas las capacidades humanas, incluyendo el lenguaje, la lógica, la misma ciencia y la filosofía así como las formas de organización social y política<sup>35</sup>. La ciencia constituye una forma especializada de práctica<sup>36</sup> y es una rama y un modo de tecnología<sup>37</sup>.

El giro tecnológico es asimismo patente en la evolución más reciente de otros campos, como la historia de la tecnología (institucionalizada a partir de los años 60) y la historia de la ciencia. A partir de la década de los 80 han proliferado estudios históricos que insisten en el papel central de los instrumentos y las tecnologías experimentales, producidas en los laboratorios, para el desarrollo de la ciencia<sup>38</sup>. Derek de Solla Price puso en primera línea el carácter tecnológico de la investigación científica moderna y la importancia decisiva de la innovación tecnológica de *instrumentalidades* para el cambio científico. Price sugiere, de hecho, una revisión tecnológica de las inexplicadas revoluciones kuhnianas. Estas vienen dadas, según sus estudios, por los cambios tecnológicos producidos en la investigación científica<sup>39</sup>.

### **Giro valorativo y político**

La espiral interpretativa de ciencia, tecnología y sociedad que la dinámica conjunta de los diversos giros generó a lo largo del siglo XX, fue modulada por un importante giro valorativo y político.

La organización estatal de la investigación científica en el curso de la II Guerra Mundial condujo a resultados decisivos, de los que el más espectacular fue, sin duda, la construcción de bombas atómicas en el proyecto Manhattan. Tras la guerra, el papel de la ciencia se acrecentó notablemente en EE UU, el país que surgía de la misma como líder mundial, y, al mismo tiempo, se estableció una imagen de la misma como cumbre y esencia de la razón y de la cultura humana, y núcleo de la organización democrática y racional. En Europa, Karl Popper abogaba, frente a los planteamientos marxistas, por “la aplicación de los métodos críticos y racionales de la ciencia a los problemas de la sociedad abierta” como base para la organización democrática y la reforma social<sup>40</sup>.

De algún modo, las concepciones de la filosofía de la ciencia del empirismo lógico encajaban con esta exaltación del conocimiento científico. La concepción fundamentalmente representacional y metodológica de la ciencia desembocaba en la objetividad y superioridad racional de la misma, por encima de cualquier otra forma de conocimiento. La tecnología, considerada como aplicación de los principios científicos, heredaba esa excelencia que la convertía en la forma de acción óptima y máximamente racional<sup>41</sup>.

Estas claras valoraciones filosóficas de la ciencia contrastaban, de algún modo, con el maridaje entre esa misma filosofía y la teoría de la neutralidad valorativa de la ciencia, promovida originariamente por Max Weber a principios del siglo XX. En su lucha por estabilizar la institucionalización de las nuevas ciencias sociales en las universidades alemanas, Weber se enfrentó a los académicos de izquierdas que defendían el compromiso y la implicación política y propugnó la teoría de una ciencia libre de todo tipo de valores y de vínculos ideológicos y políticos<sup>42</sup>. De esta forma, se quiso establecer, teóricamente, una clara demarcación entre i) el ámbito de la ciencia como conocimiento y constatación objetiva de cuestiones de hecho y ii) el ámbito de los valores, las normas, las ideologías, los intereses, etc.

Así pues, por un lado, se podía declarar, filosóficamente, a la ciencia libre de implicaciones axiológicas y políticas, movida puramente por intereses teóricos y constataciones de hechos y, consecuentemente, exenta de responsabilidades por las posibles consecuencias negativas de los resultados de la investigación científica libremente ejercida. Por otro lado, según esa misma filosofía se podía legitimar, como racionales y óptimas, cualesquiera innovaciones y procedimientos científicos y tecnológicos, tomas de decisiones administrativas y políticas tecnocráticas, siempre que fuera posible interpretarlas como aplicaciones de conocimientos científicos.

Sin embargo, a partir de los años 1960 el conjunto de estos presupuestos filosóficos fue puesto radicalmente en entredicho en el marco de un giro valorativo y político que se consolidó

socialmente de forma especial en los EE UU y posteriormente en Europa. En el contexto de los movimientos antinucleares, la oposición a la guerra del Vietnam, las crisis ecológicas, las revueltas estudiantiles y la crítica académica fueron cristalizando replanteamientos críticos que explícitamente cuestionaban la rígida delimitación entre hechos y valores, así como la supuesta supremacía racional de la ciencia y de la tecnología y la neutralidad de las mismas.

Así surgieron los programas de *Ciencia, Tecnología y Sociedad* (CTS) en numerosas e importantes universidades norteamericanas. El mensaje de este movimiento académico insistía sobre los condicionamientos políticos y sociales y los trasfondos valorativos que regían la investigación y el desarrollo científico y tecnológico, y alertaba de los graves impactos que se estaban derivando para la sociedad y el medio ambiente. En vista de las consecuencias, en buena parte negativas, de muchas de las innovaciones científicas y tecnológicas, se reivindicaba la concienciación pública y el control social sobre las mismas. En el entorno de los estudios de CTS se fueron consolidando nuevas disciplinas sobre materias tradicionalmente marginadas, como la historia social y la filosofía de la tecnología. También se desarrollaron tratamientos sistemáticos de cuestiones éticas y políticas relacionadas con la ciencia y la tecnología.

Empezaron a proliferar estudios críticos sobre la ciencia, algunos de ellos provenientes de la filosofía de la ciencia como los publicados por Paul Feyerabend<sup>43</sup>, y, en general, se plantearon a una serie de cuestiones críticas que, de una forma u otra, se han mantenido vivas en el campo de los estudios de ciencia y tecnología. La idea era sacar a la luz las dependencias de la gran ciencia respecto a centros gubernamentales, militares, industriales y corporativos de dirección y control sobre el desarrollo científico y tecnológico, así como poner en evidencia las construcciones filosóficas dirigidas a fortalecer la autoridad científica y desvelar las extrapolaciones de teorías científicas utilizadas para justificar determinadas posiciones o legitimar modelos, agentes y medidas en la toma de decisiones económicas, sociales y políticas.

En contraposición a las tesis que postulaban la neutralidad, la superioridad racional y la libertad de la investigación científica, los nuevos planteamientos críticos interpretativos y valorativos reivindicaron nuevas formas de investigación responsable junto con la valoración y la intervención social de carácter democrático en los desarrollos científicos y tecnológicos, así como nuevos planteamientos para la gestión y la política de la ciencia y la tecnología, y para la evaluación de las consecuencias y de los riesgos derivados de las innovaciones científicas y tecnológicas, etc.

### **Los enfoques culturales integrados**

Los enfoques culturales del estudio de la ciencia y la tecnología corresponden a planteamientos que, de una forma u otra, parten de la idea de cultura como un concepto fundamental para comprender la complejidad de la tecnociencia de una forma integrada. De hecho, las concepciones integradas de la cultura se encuentran arraigadas con fuerza en el campo de las ciencias sociales del siglo xx. En su obra *Primitive Culture* E. B. Tylor, uno de los

fundadores de la moderna antropología, daba ya en 1871 una precisa definición integradora de cultura: “Cultura o civilización... es ese *todo complejo* que incluye conocimientos, creencias, arte, moral, leyes, costumbres y *cualesquiera otras capacidades* y hábitos adquiridos por el hombre como miembro de una sociedad”<sup>44</sup>. Su definición contrasta claramente con la división filosófica entre *cultura* y *civilización*, que se fraguó entre finales del siglo XIX y principios del XX. Según esta delimitación había que separar, por un lado, las interpretaciones y valores humanos, concernientes al arte, la filosofía, la religión, la moral, el derecho, etc. como integrantes de la cultura (*espiritual*), y por otro lado, como civilización (*material*), todos los conocimientos, capacidades y productos técnicos, asociados con el desarrollo de la ciencia y la tecnología modernas.

Esta versión divisoria de la cultura quedó completamente desplazada en la antropología moderna por una concepción integrada y global. De acuerdo con la misma, se entiende por cultura “el estilo de vida total” que incluye todos “los modos pautados y recurrentes de pensar, sentir y actuar”<sup>45</sup>, o, dicho de otra forma, “el sistema integrado” que incluye tanto “patrones aprendidos de comportamiento” como “objetos materiales”<sup>46</sup>. Para referirse directamente a estos últimos, se ha acuñado el término ‘cultura material’, que en ningún caso se contrapone a una hipotética ‘cultura espiritual’, puesto que los mismos artefactos materiales, su construcción y su uso están íntimamente asociados con contenidos simbólicos, interpretaciones y valores. En todo caso, la cultura material se puede diferenciar de la cultura inmaterial, relativa a las pautas y artefactos predominantemente simbólicos<sup>47</sup>.

En la arqueología moderna, la integración de los artefactos y de las técnicas materiales como parte esencial de la cultura es, obviamente, aún más explícita. Cultura se define como “la combinación de material, actividades y pautas que forma un sistema cultural”<sup>48</sup>. En la misma sociología actual, donde el concepto de cultura ocupa un lugar muy importante, “cultura se refiere a la totalidad del modo de vida de los miembros de una sociedad”, incluyendo “los valores que comparten (...), las normas que acatan y los *bienes materiales* que producen”<sup>49</sup>.

La concepción integrada de la cultura es central en los desarrollos más recientes de los estudios culturales, donde se da por supuesto que “los intentos de definir la cultura en términos ideológicos, humanistas y sociopolíticos (...) meramente perpetúan una distinción entre lo humano, lo maquínico y lo llamado natural”<sup>50</sup>. Pues, precisamente esas distinciones, que reflejan la división fundamental entre cultura, tecnología y ciencia, están “revueltas y todo lo que antes se decía pertenecer a cada una de ellas encuentra una nueva base de conexión en los dispersos y conectivos procesos que las vinculan a todas”<sup>51</sup> formando una inmensa complejidad. En otras palabras, las categorías de tecnología, ciencia y cultura “han perdido su integridad disciplinaria y ontológica ya que, en el ámbito de la experiencia y de la ontología, se impregnan y penetran mutuamente”<sup>52</sup>, y, por tanto, hay que considerar definitivamente caducadas las divisiones tradicionales entre ciencia, tecnología y cultura como sistemas cerrados.

En el campo de la filosofía moderna hay que destacar, sobre todo, a Wittgenstein como un punto temprano de referencia para la comprensión del lenguaje, la matemática y la misma lógica

como técnica/cultura. En su caracterización del lenguaje como “juego de lenguaje”, éste se entiende como una actividad<sup>53</sup> y una práctica<sup>54</sup>. Toda práctica de jugar un juego consiste en seguir una *técnica* determinada, o sea, en “actuar de acuerdo con ciertas reglas”<sup>55</sup>. Así pues, “comprender un lenguaje significa dominar una técnica”<sup>56</sup>, donde por dominar una técnica se entiende ser capaz de producir y reproducir una determinada práctica lingüística. Pues, “sólo en la práctica de un lenguaje puede tener significado una palabra”<sup>57</sup>. La matemática representa, asimismo, un “juego de signos”<sup>58</sup> y, por tanto, también una técnica, “la técnica de la transformación de signos”<sup>59</sup>. La lógica misma representa “la técnica del pensar” y muestra “lo que es el pensar, y también modos de pensar”<sup>60</sup>.

El término ‘técnica’ es, pues, central en la comprensión wittgensteiniana del lenguaje y de la ciencia. Para Wittgenstein la técnica se manifiesta en la práctica de las actividades regulares y pautadas<sup>61</sup> que se aprenden ejercitando la propia práctica “mediante imitación, estímulo y corrección”<sup>62</sup>. Entendidas así, las técnicas tienen un claro carácter cultural y social, determinando ellas mismas (es decir, el consenso y la coincidencia de los que las practican) lo que es correcto o incorrecto en su propia ejecución y en sus resultados. En la matemática es esencial el consenso<sup>63</sup>, pues “no es sólo la aprobación lo que convierte (la práctica) en cálculo, sino la coincidencia de las aprobaciones. (...) Y si no se puede llegar a ese acuerdo, entonces nadie puede decir que otro también calcula”<sup>64</sup>. La práctica matemática no es menos social que el comercio. “¿Podría haber aritmética sin la coincidencia de los que calculan? ¿Podría calcular un hombre solo? ¿Podría uno solo seguir una regla? Son estas preguntas semejantes, por ejemplo, a ésta: ¿Puede alguien él solo practicar el comercio?”<sup>65</sup>.

Si bien la palabra ‘cultura’ no aparece, concretamente, en sus *Investigaciones Filosóficas* ni en *Observaciones sobre los fundamentos de la matemática*, Wittgenstein utiliza, repetidamente, expresiones como ‘forma de vida’, ‘modo de vida’ o ‘costumbre’ (todos ellos característicos de la idea de cultura en la antropología y la sociología moderna) en conexión con su manera de caracterizar el lenguaje y la matemática. Así, p. ej. , hace notar que la palabra ‘juego’ pone de relieve que el lenguaje (y lo mismo podría decirse de la matemática) “forma parte de una actividad, o de una forma de vida”<sup>66</sup>. Ya que “imaginar un lenguaje significa imaginar una forma de vida”<sup>67</sup> y “el lenguaje se refiere a un *modo* de vida”<sup>68</sup>. Para Wittgenstein, seguir una regla, jugar una partida de ajedrez y, en general, la práctica de las diversas técnicas son “*costumbres* (usos, instituciones)”<sup>69</sup>. Es decir, son integrantes del conjunto de una cultura. En el caso de la matemática, es, precisamente, “el uso fuera de la matemática”, es decir, su lugar en el contexto de nuestras demás actividades culturales<sup>70</sup>, “lo que convierte al juego de signos en matemática”<sup>71</sup>. El aprendizaje mismo de una práctica es un proceso de educación cultural, en el que junto con la técnica en cuestión se apropian determinadas formas de percepción. “En tanto que estamos educados en una técnica, lo estamos también en una forma de ver las cosas que está tan fija como esa técnica”<sup>72</sup>. La comprensión de dicho aprendizaje sólo puede realizarse desde la propia práctica cultural. “El que quiera comprender lo que significa ‘seguir una regla’ tiene él mismo que saber seguir una regla”<sup>73</sup>.

Las concepciones wittgensteinianas de la técnica y de la ciencia como prácticas culturales y de la cultura como un complejo entramado de prácticas técnicas, han sido uno de los puntos de partida para las concepciones culturales de la ciencia y de la tecnología en la segunda mitad del siglo XX. Langdon Winner se remite a Wittgenstein para desarrollar la concepción de “las tecnologías como formas de vida”<sup>74</sup> y David Bloor lo hace para presentar la sociología del conocimiento como la heredera del tratamiento wittgensteiniano del conocimiento “como algo que es social en su misma esencia”<sup>75</sup>. La filosofía de Wittgenstein ha llegado a influir en la misma idea de sociedad como formas de organización de las interacciones sociales, o sea, lo que en sociología se llama *estructura*. El conocido sociólogo Anthony Giddens define una estructura social básicamente como “técnicas o procedimientos generalizables que se aplican a la escenificación/reproducción de las prácticas sociales” y lo relaciona con la interpretación del lenguaje como dominio de técnicas en Wittgenstein<sup>76</sup>.

El propio Thomas Kuhn caracteriza ocasionalmente la ciencia como cultura, cuando al hablar de los practicantes de una ciencia madura dice que constituyen “una subcultura especial” y que “están aislados en realidad del medio cultural en el cual viven sus vidas extraprofesionales”<sup>77</sup>. Pero el enfoque de la integración cultural desarrollado dentro del campo filosofía de la ciencia hay que buscarlo, con el nombre de *Methodischer Kulturalismus*, en las posiciones más recientes de la corriente constructiva de la filosofía de la ciencia en Alemania. El *Culturalismo metódico* se centra explícitamente en la comprensión cultural de la ciencia, es decir, en su estudio filosófico “como práctica humana y producto cultural”, entendiendo por cultura aquello que recibe un colectivo humano mediante la transmisión de prácticas (incluidas costumbres e instituciones) y artefactos<sup>78</sup>.

Un enfoque cultural parecido se constata en los últimos desarrollos de los estudios de ciencia y tecnología, que Pickering caracteriza como el paso de la ciencia como conocimiento a la ciencia como práctica y cultura. Según este autor, el avance fundamental consiste en el “movimiento hacia el estudio de la práctica científica, lo que los científicos hacen de hecho, y el movimiento asociado hacia el estudio de la cultura científica, entendida como la esfera de los recursos que la práctica hace funcionar dentro y fuera de ella”<sup>79</sup>. La condición previa para el estudio de la ciencia como práctica y cultura, consiste en reintegrar, mediante la expansión del concepto de cultura científica, todas las dimensiones de la ciencia (tanto las conceptuales y sociales como las materiales), las cuales se han tratado, generalmente, de una forma fragmentada, desunificada e inconexa. En este sentido, Pickering entiende por cultura “las ‘cosas hechas’ de la ciencia, en las que incluyo habilidades, relaciones sociales, máquinas e instrumentos, así como hechos y teorías científicas”<sup>80</sup>.

## **II. La cultura de la tecnociencia: ciencia y tecnología como prácticas y culturas**

Como hemos podido ver, a lo largo del siglo XX las concepciones lingüísticas de la ciencia y la tecnología, predominantes en la primera mitad de siglo, tuvieron que ir haciendo lugar tanto a

los entornos científicos sociales, políticos y valorativos, como a los materiales y tecnológicos. En la actualidad, todo proyecto interpretativo que pretenda dar cuenta de los complejos entramados que constituyen la tecnociencia contemporánea, ha de plantearse la integración de todas las dimensiones simbólicas, sociales, materiales y tecnológicas de la misma. Los enfoques que parten de una concepción cultural de la ciencia y la tecnología representan el planteamiento integrador más capaz de manejar toda la complejidad tecnocientífica puesta de manifiesto por la espiral interpretativa de ciencia, tecnología y sociedad.

La comprensión cultural integrada de la ciencia y la tecnología ha demostrado que puede proporcionar una base decisivamente más adecuada que las meras concepciones filosóficas lingüísticas o las puramente sociológicas, no sólo para interpretar e investigar integralmente la constitución y la dinámica de los sistemas y de las innovaciones tecnocientíficas junto con sus impactos en las transformaciones culturales generales. A partir de dicha base interpretativa, es posible, además, abordar de una forma mucho más clarificadora las difíciles cuestiones y problemas de valoración e intervención que plantean las crisis y controversias derivadas de los procesos de tecnocientificación y globalización. Sin embargo, para comprender las ciencias y las tecnologías como prácticas y culturas es preciso dejar atrás las antiguas y las modernas concepciones divisorias de la ciencia, la tecnología y la cultura para redefinir un marco conceptual riguroso de la idea de cultura en la dirección de las concepciones integradas. Con este propósito se esboza a continuación el aparato conceptual y teórico básico de una comprensión metódica de las tecnociencias como prácticas, sistemas y redes culturales.

### **Artefactos, técnicas y prácticas**

Entendida de una forma integrada, una cultura comprende no sólo capacidades, actividades y realizaciones de carácter simbólico (tales como representaciones e interpretaciones simbólicas, discursivas, artísticas, teóricas, cosmovisivas, valorativas, etc., es decir, la *cultura* en su acepción más restringida), sino también técnicas y artefactos materiales (con los que se acostumbra a identificar la técnica *tout court*), formas organizativas de interacción social, económica y política (lo que se entiende corrientemente por sociedad) y prácticas y realizaciones biotécnicas, relacionadas con los seres vivos y el entorno biótico (o naturaleza en sentido general).

Cada uno de esos dominios se puede diferenciar conforme a artefactos, técnicas y recursos particulares característicos. Ahora bien, cualquier práctica cultural implica, de hecho, el entramado de todos los diversos dominios en cuanto que todas las prácticas vienen mediadas por artefactos materiales, representadas e interpretadas simbólicamente, articuladas socialmente y situadas ambientalmente. Así, los artefactos y las técnicas materiales han intervenido decisivamente en las prácticas culturales desde los mismos orígenes de las culturas humanas. Una de las tareas de la arqueología y de los estudios prehistóricos consiste, precisamente, en

reconstruir las prácticas y las realizaciones culturales de carácter operativo que desaparecieron hace siglos a partir de los restos de los correspondientes artefactos y entornos materiales.

Los *artefactos materiales* constituyen objetos elaborados por la actividad humana que, una vez producidos, pueden perdurar por sí mismos con independencia de los agentes culturales que los construyeron o utilizaron. En todo caso, su estabilidad material es relativa y limitada, pues se llegan a deteriorar, desintegrar, etc. según los materiales con los que están hechos. Así, de los artefactos fabricados con materiales orgánicos en los periodos paleolíticos sólo han quedado, relativamente, pocos restos.

La proliferación, la difusión y la diversificación de artefactos materiales con formas normalizadas en las primeras culturas humanas indican que, de algún modo, la construcción reiterada de determinados instrumentos dio lugar, a lo largo del tiempo, a su modelación estandarizada, de forma que dichos artefactos podían ser regularmente reproducidos. La reproducibilidad de los mismos tiene que ver con la posibilidad de articular las acciones de forma que su repetición metódica, junto con la disponibilidad de materiales adecuados, conduzcan siempre a resultados del mismo tipo. La reproducción de artefactos estandarizados supone, en la práctica, que los agentes, de alguna manera, anticipan los resultados teniendo en cuenta determinadas condiciones y exigencias que se deben satisfacer (o sea, ciertas normas de construcción y uso) y estando motivados por determinados propósitos, motivos y fines.

El hecho de que se pudieran reproducir regularmente determinados artefactos implica, pues, que ya se habían estabilizado ciertas habilidades y actividades como procedimientos normalizados que operaban la construcción de tales artefactos, es decir, se habían desarrollado técnicas. *Técnicas* son procedimientos, capacidades y formas de acción e interacción reproducibles y susceptibles de ser enseñados y aprendidos y, por tanto, generalizables y transmisibles. Tenemos técnicas cuando se puede estabilizar una serie relativamente ordenada de acciones, es decir, cuando se puede convertir en rutina, enseñar, aprender, transmitir, generalizar... Las técnicas constituyen *artefactos operativos* o sea, constructos producidos por las diversas actividades humanas, que una vez estabilizados en un contexto cultural modelan dichas actividades. Producir un artefacto operativo significa estabilizar una técnica. Usar un artefacto operativo significa actualizar una técnica. Las técnicas se actualizan como ejecuciones de procedimientos estabilizados que determinados agentes humanos reproducen, y perduran como capacidades y potencialidades de dichos individuos y colectivos.

Las técnicas se caracterizan, pues, por su entidad *virtual*. Persisten como capacidades estabilizadas de agentes, instituciones y sistemas culturales y se hacen manifiestas cuando se actualizan. Sin embargo, son productos culturales reales que pueden transferirse y estabilizarse con independencia de sus creadores originarios. Ahora bien, a diferencia de los artefactos materiales, las técnicas no perduran, propiamente, de forma separada de los colectivos culturales que las producen y usan, a no ser que se transfieran a otros colectivos. Su estabilización es relativa y limitada, en cuanto que determinadas técnicas pueden desestabilizarse cuando se dejan de actualizar al caer en desuso, olvidarse, etc. y pueden desaparecer completamente cuando se

extinguen los correspondientes colectivos y tradiciones culturales que las crearon o asimilaron, como en el caso de culturas prehistóricas.

Los lenguajes humanos debieron emerger y estabilizarse como nuevos complejos de técnicas simbólicas, cuando se desarrolló la capacidad de fijar distinciones lingüísticas elementales en interacción con las capacidades de producir artefactos estandarizados y de estabilizar técnicas básicas de todo tipo. Mediante el lenguaje se fijan como distinciones lingüísticas realizaciones distintas llevadas a cabo prácticamente en el contexto de la acción, de la construcción de objetos y del comportamiento. Así, las prácticas constructivas de los primeros hombres fueron produciendo realizaciones materiales y operativas claramente diferenciadas que en los procesos de ejecución estandarizada eran reproducidas regularmente. El poder fijar y manejar también lingüísticamente tales distinciones en el contexto de las diversas actividades humanas y la posibilidad de transmitir diferenciaciones lingüísticas de materiales, construcciones, entornos y procedimientos potenciaron inmensamente la capacidad de estabilizar nuevos artefactos y técnicas, como queda manifiesto en la proliferación, difusión e innovación de artefactos del paleolítico superior y del neolítico. Interactivamente, las prácticas lingüísticas pudieron irse desarrollando y estabilizando como complejas técnicas de distinción y representación simbólica.

El lenguaje humano fue apareciendo con el desarrollo de una nueva técnica de estabilizar las prácticas con la ayuda de recursos orales, que fue la característica fundamental de las culturas humanas: la *estabilización tecno-oral*. Parece obvio que esta emergencia lingüística no tuvo que reducirse a los contextos de la producción y uso de artefactos materiales, sino que cristalizó conjuntamente en todos los dominios vitales originarios, incluidos los de las técnicas de organización social y de las biotécnicas. Con la ayuda del lenguaje pudieron irse estabilizando tecno-oralmente formas de vida basadas en la caza y la recolección que lograron dominar técnicamente bioentornos muy difíciles, como los de los periodos glaciares, y formas complejas de organización cooperativa y de cohesión social para obtener y compartir la comida, y para subsistir y reproducir se como grupo.

La emergencia, la estabilización y la generalización del lenguaje como un complejo de técnicas que se podían ejecutar básicamente con los propios órganos humanos fueron decisivas para los procesos de constitución y transmisión del conjunto de los entornos culturales. Pero el logro más significativo de las culturas humanas, que les permitió despegar de los estadios culturales animales, consistió, propiamente, en la innovación y la consolidación, como sistemas culturales, de las técnicas de estabilización tecno-oral. Las técnicas de estabilizar técnicas y artefactos que constituyeron la base de las culturas humanas.

Las decisivas innovaciones materiales y biotécnicas de las culturas neolíticas se estabilizaron en el contexto de otras transformaciones, tanto o más trascendentales, que afectaron las técnicas y los entornos culturales organizativos y simbólicos. Las impresionantes realizaciones de las culturas prehistóricas fueron el resultado de complejas técnicas de organización comunitaria con un alto grado de cooperación, división del trabajo, previsión,

coordinación y cohesión social. Para alcanzarlo, se da por seguro que aquellas culturas tuvieron que llegar a estabilizar, de algún modo, prácticas que les permitieron planificar, deliberar, valorar y decidir colectivamente y así establecer consensos generalizados. Pero la estabilización y la transmisión de tales prácticas organizativas suponen, a su vez, técnicas y recursos simbólicos de carácter verbal mediante los que era posible representar circunstancias presentes y no presentes, anticipar situaciones venideras, recordar e interpretar sucesos, tejer narraciones, elaborar relatos ficticios, conservar y transmitir discursos, etc. Estas capacidades simbólicas fundamentales fueron logros de las culturas orales primarias que transformaron los modos de estabilización y los legados de las tradiciones culturales humanas.

Así pues, en las primeras culturas orales encontramos ya desarrolladas, en su forma originaria, el conjunto de las modalidades técnicas fundamentales que podemos denominar los *dominios culturales* básicos correspondientes a las *técnicas materiales*, las *técnicas simbólicas*, las *técnicas organizativas* y las *biotécnicas*. Cada dominio cultural corresponde, originariamente, a la estabilización, construcción y uso de artefactos y técnicas específicas. El dominio de las técnicas materiales tiene que ver con los artefactos, las técnicas y los recursos materiales. El de las técnicas simbólicas comprende los artefactos y técnicas de representación, interpretación, comunicación e interacción simbólica. El dominio de las técnicas organizativas abarca las interacciones entre agentes humanos, la coordinación de actividades, la organización social, etc. y al dominio de las biotécnicas corresponden las interacciones con los entornos de seres vivos animales y vegetales y con los medios bióticos.

Estos diversos dominios culturales no han de entenderse como entidades separadas y disociadas sino a modo de coordenadas o dimensiones que sirven para hacer perceptibles los complejos entramados de las prácticas culturales, las cuales implican, simultáneamente, múltiples actualizaciones de técnicas y de artefactos correspondientes a cada uno de los diferentes dominios. Se podría decir que, en la complejidad de la cultura, no hay prácticas *puras*, o sea, que correspondan a un solo dominio cultural, sino que toda práctica cultural es *híbrida* al estar, de un modo u otro, mediada artefactualmente, estabilizada e interpretada simbólicamente, articulada y realizada socialmente y situada ambientalmente.

### **Sistemas culturales y culturas**

Propiamente, una *práctica cultural* está constituida por determinados agentes junto con el ejercicio por parte de los mismos de determinadas actividades específicas modeladas por técnicas. Es decir, viene dada por un conjunto de capacidades que determinados individuos y colectivos actualizan conforme a procedimientos y formas de acción e interacción reproducibles y susceptibles de ser enseñadas y aprendidas y, por tanto, transmisibles y generalizables. Las prácticas como acción e interacción en el tiempo, o sea, las prácticas de realizar técnicas por parte de determinados agentes, implican siempre un complejo entramado de individuos y de artefactos operativos y materiales pertenecientes a los diversos dominios culturales.

Los *entornos* de una práctica están constituidos por los legados culturales que configuran estructuralmente las actuaciones de los agentes en cuestión, es decir, por los complejos de las técnicas, los artefactos, las instituciones, los recursos (tanto materiales y simbólicos como de carácter organizativo y biotécnico), los diversos colectivos, etc. implicados en el ejercicio de dicha práctica. En la realización de cualquier práctica por parte de determinados agentes intervienen, de una forma más o menos inmediata, artefactos materiales, otros agentes humanos y bióticos, elaboraciones simbólicas, interpretaciones, legitimaciones, valorizaciones, fines, cosmovisiones... Su ejecución activa, simultáneamente, todas las técnicas relativas a la organización de los colectivos y al conjunto de los artefactos implicados.

Lo que configura una práctica en cualquiera de sus modalidades es, pues, su correspondiente *entorno material-simbólico-organizativo-biotécnico*, en adelante *emsob*. Así, toda práctica referente a la organización social tiene una base simbólica y está mediada por técnicas y artefactos materiales. Toda práctica simbólica es esencialmente social y se plasma, de una forma más o menos inmediata, materialmente. Y toda práctica técnica material o biotécnica se realiza socialmente, está sostenida simbólicamente y es objeto de legitimaciones e interpretaciones.

Al igual que la correspondiente práctica, un *emsob* constituye, de hecho, un entramado inseparable en el que, sin embargo, se pueden distinguir analíticamente distintos componentes (*m, s, o, b*) siguiendo la diferenciación general por modalidades técnicas:

- El *entorno material m* o conjunto de artefactos, técnicas, construcciones y recursos materiales<sup>81</sup>.
- El *entorno simbólico s* formado por el conjunto de los artefactos y las técnicas simbólicas de representación, interpretación y procesamiento del saber, los significados, las representaciones, las interpretaciones, las legitimaciones y los valores<sup>82</sup>.
- El *socioentorno o* de las instituciones y las formas de organización e interacción comunitarias, sociales, económicas, jurídicas y políticas, las reglas, los roles, las normas, los fines, etc.<sup>83</sup>.
- El *bioentorno b* o comunidades de seres vivos y medio biótico implicados por las prácticas biotécnicas y bióticas. El bioentorno incluye tanto seres vivos, artefactos y agentes biotécnicos como el medio atmosférico, hidrosférico, etc. que intervienen en las actividades biotécnicas y bióticas<sup>84</sup>.

El concepto central de *sistema cultural c = (p, m, s, o, b)* se puede precisar como el entramado de una práctica *p* (el colectivo de los agentes portadores de las capacidades culturales específicas) y su *emsob (m, s, o, b)*. Ahora bien, los sistemas culturales no están completamente desvinculados unos de otros sino que están entramados entre sí. Decimos que dos sistemas culturales están *entramados* cuando sus prácticas y/o sus entornos respectivos tienen

componentes en común. Un conjunto de sistemas culturales forman una *red cultural* cuando están concatenados de forma reticular. Es decir, para cualquier par de dichos sistemas se cumple que los sistemas están entramados directamente o bien mediante una serie de sistemas intermedios tales que entre dos sistemas consecutivos de la serie se da la relación de estar entramados entre sí.

Así pues, los sistemas culturales son complejos híbridos integrados por personas, artefactos, técnicas, interpretaciones, valoraciones, formas de organización, etc. Al formar redes culturales, los sistemas no están aislados sino que comparten entre sí (de una forma más o menos inmediata a través de toda la red de sistemas) agentes y/o elementos de sus diversos entornos. Estas relaciones de intersección cultural son, precisamente, las que articulan e interconexionan reticularmente los sistemas formando determinados espacios culturales.

Fundamentalmente, una *cultura* está constituida por un conjunto de innumerables sistemas culturales que forman una red cultural. En las inmensas redes que constituyen las culturas se pueden distinguir *subculturas* como subconjuntos de sistemas culturales que forman, a su vez, redes culturales. El *medio cultural* de un sistema cultural o de una subcultura viene dado, respectivamente, por el conjunto de los restantes sistemas culturales o, respectivamente, de las restantes subculturas que integran la totalidad de la red global de la cultura en cuestión. En el contexto de una *supercultura* o conjunto de culturas formando una *super-red cultural* (es decir, entramadas entre sí reticularmente) el *medio supercultural* de una cultura particular está constituido por las restantes culturas del grupo.

Los innumerables sistemas que integran una cultura están vinculados por la compleja red cultural que los interrelaciona y los hace inseparables en la realidad. La totalidad de dichos sistemas culturales de una cultura o subcultura configura el PMSOB de la misma, donde P es el conjunto de las prácticas/agentes culturales correspondientes a todos los sistemas que integran dicha cultura o subcultura y M, S, O, B representan, respectivamente, el conjunto de todos sus entornos materiales, simbólicos, organizativos y biotécnicos. Cualquier práctica cultural particular se realiza, pues, en un espacio quadridimensional material-simbólico-organizativo-biotécnico (M,S,O,B) propio de la cultura en cuestión, e implica, de una forma más o menos directa, tanto discursos, interpretaciones y legitimaciones como técnicas y artefactos materiales, organizaciones e interacciones sociales y ambientales, etc.

Dada una serie de dos o más culturas o subculturas, éstas pueden estar relacionadas entre sí, cuando es el caso que sus respectivos entornos M, S, O, B tienen elementos idénticos, o sea, rasgos culturales en común. Se pueden dar series *verticales* de culturas o subculturas relacionadas que están situadas en diferentes periodos de tiempo, series *horizontales* de culturas o subculturas sincrónicas ubicadas en diferentes ámbitos espaciales u *oblicuas* de carácter mixto. En general, una serie  $E_1, E_2 \dots E_n$  de culturas o subculturas con elementos culturales comunes constituye una *tradición cultural* cuando dichos elementos se han *transmitido* de unas culturas o subculturas a otras mediante la interacción y la reproducción cultural llevadas a cabo por sus agentes.

### **Innovaciones, estabilizaciones e impactos**

En el ámbito de los sistemas y las redes culturales, las prácticas de los agentes y los diversos entornos culturales están constantemente configurándose recíprocamente. La gran diversidad de prácticas humanas construye y transforma sus propios entornos, dando lugar a nuevas técnicas, artefactos, formas de organización, discursos, etc. A su vez, todos estos recursos pasan a constituir, una vez estabilizados, parte de los entornos que modelan esas prácticas, habilitando y constriñendo al mismo tiempo sus potencialidades. Las capacidades y limitaciones de una práctica cultural determinada vienen dadas, conjuntamente, por las técnicas que la conforman y por los artefactos y las realizaciones materiales, simbólicas, organizativas y biotécnicas que, como entornos, constituyen los recursos de los agentes que la llevan a cabo. Los entornos, como productos culturales que son, representan el resultado de las diversas actividades humanas. Pero, tanto si están integrados por agentes humanos como no humanos, nunca son puramente pasivos. El proceso de desarrollo de una cultura viene configurado, precisamente, por la continua interacción transformadora entre humanos y no humanos en los entramados de prácticas y entornos.

Ninguna cultura es completamente *estable*. En mayor o menor grado, toda cultura o subcultura produce *innovaciones* culturales, es decir, nuevos complejos de artefactos y técnicas que emergen en el seno de su (M, S, O, B) por la acción de determinados agentes culturales<sup>85</sup>. Las innovaciones pueden surgir en una cultura como el resultado de la producción interna de sus propios agentes innovadores o también mediante la apropiación por parte de dichos agentes de innovaciones procedentes de otras culturas o a través de su imposición debida a agentes culturales externos. Pero, para que innovaciones de cualquier clase se conviertan en parte integrante de la propia cultura, éstas han de *estabilizarse* como prácticas y entornos propios. Es decir, han de estandarizarse, aceptarse, generalizarse e institucionalizarse como tales.

Las innovaciones culturales pasan, pues, a formar parte de una cultura determinada cuando se estabilizan como nuevos sistemas culturales y subculturas de la misma. En el proceso de estabilización de nuevos sistemas culturales, las innovaciones embrionarias son generalmente modificadas, adaptadas y, de alguna manera, metainnovadas. Las nuevas prácticas, técnicas y artefactos implicados han de estabilizarse *técnicamente* como tales formando parte del correspondiente entorno específico. Es decir, se ha de consolidar la estandarización de los nuevos objetos, habilidades, procedimientos, etc. sean éstos de carácter material, simbólico, organizativo o biotécnico. Pero, para establecerse como nuevos sistemas culturales las innovaciones han de estabilizarse, asimismo, en el contexto de los entornos interpretativos, organizativos y bióticos de la correspondiente cultura. La estabilización *interpretativa* se opera mediante recursos simbólicos y discursivos que, de una forma u otra, van dirigidos a fundamentar y legitimar epistemológica, cosmológica y valorativamente los nuevos sistemas culturales. La estabilización

*organizativa* consiste, fundamentalmente, en la institucionalización y la consolidación social, económica y política de dichos sistemas y la *biótica* en la compatibilización ambiental de los mismos.

Innovación y estabilización no representan dos etapas separadas sucesivas en un desarrollo lineal, sino que se trata, de hecho, de realizaciones entrelazadas en un proceso interactivo. Los procesos de innovación/estabilización son característicos del modo de desarrollo propio de cada tipo de cultura o subcultura. En dichos procesos, prácticas y entornos se estabilizan interactivamente. Esto es, nuevas formas de acción e interacción se consolidan como prácticas estabilizadas, aceptadas y generalizadas en conjunción interactiva con la estabilización, aceptación y generalización de los nuevos artefactos y técnicas que conforman sus entornos particulares. Al mismo tiempo, los procesos de estabilización implican potencialmente el PMSOB global de la cultura, pues los cambios y desarrollos culturales involucran un amplio entramado interactivo en el que intervienen un gran número de agentes, técnicas, artefactos materiales, grupos y organizaciones sociales, instituciones, bioentornos..., en conjunción con un complejo de interpretaciones, valoraciones, legitimaciones y cosmovisiones.

Las innovaciones culturales se pueden transmitir internamente de un estadio determinado a estadios posteriores de una tradición cultural o subcultural, a través de la reproducción genético-cultural de las generaciones de agentes de la propia cultura o subcultura. También pueden transferirse espacial y temporalmente entre diversos sistemas culturales y subculturas dentro de una misma cultura, o de unas subculturas o culturas a otras originariamente disociadas, mediante su difusión y asimilación cultural, por fusión o invasión cultural, dando paso así a nuevas tradiciones culturales o subculturales. Cuando las innovaciones estabilizadas como sistemas culturales o subculturas innovadoras en una cultura se transfieren a otras culturas, es posible que las mismas sean metainnovadas, incorporadas y estabilizadas por determinados agentes como nuevos sistemas culturales o subculturas diferentes de los originarios.

Los procesos de *cambio cultural* implican, consiguientemente, tanto la producción de innovaciones en forma de nuevas técnicas y artefactos como la estabilización de las mismas como prácticas y entornos de sistemas culturales y subculturas dentro de la propia cultura global. Ahora bien, cada cultura crea con sus innovaciones la posibilidad de nuevas capacidades, pero también de limitaciones. Así, la producción de nuevas técnicas y artefactos genera la posibilidad de estabilizar nuevas prácticas y, a su vez, nuevas prácticas producen y afianzan entornos que consolidan las capacidades de las mismas. Pero con la estabilización de innovaciones se establecen nuevos sistemas culturales que eventualmente *transforman* el medio cultural y producen *impactos* al generar *incompatibilidades* en relación con sistemas culturales preestablecidos. Los nuevos entornos pueden actuar como constreñimientos de prácticas y entornos preexistentes y dar lugar a la *desestabilización* de sistemas culturales tradicionales, en cuanto pueden llegar a desplazar sus entornos, cancelando los recursos y las condiciones de posibilidad de dichos sistemas. Nuevas prácticas pueden establecer, de manera generalizada,

nuevos entornos y nuevas formas de vida, de acción e interacción en las que las prácticas según los procedimientos tradicionales resultan inapropiadas y quedan excluidas de una integración. Nuevos entornos que se imponen con las nuevas prácticas dominantes pueden llegar a desestabilizar los entornos tradicionales en cada uno de los diversos dominios culturales. La desestabilización puede darse de múltiples formas conexas entre sí: desplazando artefactos, anulando recursos, imposibilitando la permanencia de determinados entornos, socavando la autoridad y legitimidad de determinadas prácticas y sistemas valorativos, cuestionando la validez de interpretaciones y cosmovisiones, consolidando colectivos y formas de organización que operan el desmantelamiento social y normativo de los sistemas organizativos tradicionales, etc.

A través de los procesos de innovación, estabilización y desestabilización se van transformando las culturas y las subculturas y emergen nuevos *estadios* de las tradiciones culturales y subculturales. En este contexto, el desarrollo de una cultura o subcultura consiste en el proceso conforme al cual se producen y regulan tales cambios en los diferentes entornos y prácticas de la misma. El modo característico del *desarrollo* de una cultura o subcultura y de su correspondiente tradición cultural viene dado, básicamente, por la forma cómo se realizan los procesos de producción/ estabilización de innovaciones y de desestabilización de tradiciones.

### **La cultura de los sistemas tecnocientíficos**

En el campo de las ciencias y de las tecnologías, sistemas, subculturas y tradiciones corresponden a prácticas y legados culturales específicos, plasmados en las capacidades de los agentes y en los entornos materiales, simbólicos y organizativos propios de cada campo científico y tecnológico. Dichas prácticas y entornos, al igual que los modos característicos de innovación y estabilización de las ciencias y tecnologías modernas, se distinguen fundamentalmente por su carácter *tecnocientífico*, es decir, por prácticas y entornos en los que intervienen e interactúan conjuntamente la elaboración de aparatos conceptuales y teóricos precisos y la producción y el uso de sofisticados artefactos y procedimientos tecnológicos. Las mismas tecnologías constituyen sistemas complejos de artefactos y técnicas que se han generado y estabilizado en el contexto de prácticas y entornos teóricos y materiales de carácter científico. El entramado entre los sistemas científicos y los sistemas tecnológicos modernos es tan inseparable en la práctica que se ha generalizado el uso del término *tecnociencia* para caracterizar los sistemas científicos actuales y, en general, las tradiciones científicas desde, por lo menos, finales del siglo XIX.

La concepción de las ciencias y las tecnologías como redes de sistemas culturales (o sea, subculturas) permite comprender y tratar, de una forma integrada, la complejidad de la constitución de los campos y de las tradiciones tecnocientíficas, los procesos de cambio y transformación y los impactos en los medios culturales extracientíficos. En el marco de la comprensión cultural se puede integrar, dinámicamente, las dimensiones *simbólicas* de las elaboraciones representacionales, interpretativas y valorativas (en forma de conceptos y teorías científicas y de discursos filosóficos) junto con i) las dimensiones *tecnológicas* de los procesos,

procedimientos y artefactos materiales, ii) las dimensiones *sociales* de los entornos e interacciones organizativas e institucionales y iii) las dimensiones *naturales* de los bioentornos. En el desarrollo de los *sistemas tecnocientíficos*, las innovaciones de artefactos, efectos y procesos emergen y se estabilizan en los laboratorios conjunta e interactivamente con nuevas elaboraciones teóricas, adaptándose y modificándose unas a otras a la par que se reconfiguran los fines y los propósitos de los agentes intervinientes. Tales procesos de *estabilización tecnocientífica*, característicos de los sistemas generados por la tecnociencia actual, se realizan y se consolidan en conjunción con procesos de estabilización interpretativa, organizativa y, en su caso, biótica de las nuevas prácticas y entornos.

En el transcurso de las tradiciones científicas se han distinguido estadios de *ciencia estabilizadora* en los que ha predominado la consolidación de innovaciones como sistemas fundamentales, y estadios de *ciencia revolucionaria* que han destacado por la producción de innovaciones y la desestabilización de prácticas y entornos tradicionales. Generalmente, innovaciones y transformaciones pueden interactuar en combinaciones muy diversas en las se entremezclan los diversos dominios culturales. Las innovaciones de artefactos y técnicas pueden desencadenar nuevas elaboraciones conceptuales y teóricas que pasan a reemplazar antiguas teorías y, a su vez, es posible que nuevos desarrollos teóricos induzcan la reinnovación de dispositivos y procesos tecnológicos. Asimismo, la aparición de nuevos agentes y la reconfiguración de entornos organizativos pueden dar paso a sistemas innovadores y a la inversa, etc., etc.

Los cambios científicos y tecnológicos acostumbran a producirse en racimos de innovaciones pertenecientes a diversas clases de entornos y relacionadas entre sí, las cuales se afianzan mutuamente para establecerse, conjuntamente, como nuevos sistemas y redes de sistemas. Las estabilizaciones de nuevos sistemas junto con los impactos y las desestabilizaciones que eventualmente éstos inducen, operan las transformaciones globales de los medios científicos y tecnológicos. Éstas, a su vez, son generalmente fuente de ulteriores innovaciones. En todo caso, en el entramado de los procesos de innovación/estabilización así como en la compleja dinámica del cambio/transformación interactúan diversos colectivos de agentes que, obviamente, rebasan los círculos restringidos de las llamadas *comunidades científicas*. Son estos heterogéneos colectivos los que articulan dinámicamente la trabazón entre los diferentes sistemas culturales a los que pertenecen para formar las complejas redes de las subculturas tecnocientíficas y dar lugar al desarrollo de las correspondientes tradiciones.

Los sistemas tecnocientíficos se generan y estabilizan primariamente como sistemas culturales en el seno de sus respectivas subculturas tecnocientíficas. Pero, una vez constituidos son susceptibles de ser *exportados* y estabilizados en medios culturales extracientíficos, donde operan la modelación tecnocientífica de dichos espacios culturales y el desarrollo de *tecnoculturas*<sup>86</sup>. El *modelo tecnocientífico de desarrollo*, basado en la proliferación y consolidación de sistemas tecnocientíficos en todos los ámbitos de las culturas propias de nuestro tiempo, parece operar conforme a un *imperativo tecnocientífico* latente y justificarse, entre otras

cosas, por el principio de la supuesta superioridad de los sistemas tecnocientíficos respecto a las realizaciones de cualquier otro tipo de sistemas culturales. Ahora bien, todos los modelos de desarrollo representan y legitiman, de una forma más o menos manifiesta, una práctica particular de regular los procesos de estabilización de innovaciones y desestabilización de tradiciones conforme a determinados criterios y agentes decisorios.

Sin embargo, es innegable que las incesantes innovaciones, estabilizaciones y exportaciones de sistemas tecnocientíficos y la consiguiente *tecnocientificación* generalizada de las culturas generan, en mayor o menor grado, relaciones de incompatibilidad y efectos de desestabilización respecto a sistemas culturales tradicionales, con los consiguientes impactos, consecuencias no deseadas y riesgos difíciles de anticipar y, más aún, de excluir de antemano. En muchas ocasiones, como, por ejemplo, en el caso de la eventual clonación de seres humanos o de los riesgos derivados de las tecnologías nucleares, microbiológicas o químicas, dichas repercusiones provocan resistencias y conflictos culturales junto con fuertes controversias acerca de la interpretación y, sobre todo, de la valoración y la intervención relativas a las innovaciones tecnocientíficas y las transformaciones culturales en cuestión.

Estas crisis, conflictos y controversias son los contextos donde afloran, de una forma más clara, las dimensiones culturales valorativas y políticas de la ciencia y la tecnología. Ya que ponen de manifiesto que ni los sistemas científicos se pueden reducir filosóficamente a meros sistemas de elaboraciones teóricas neutrales, ni los sistemas tecnológicos a puros artefactos y procedimientos materiales, sino que constituyen sistemas y redes culturales en sentido estricto, integrados por entornos simbólicos, materiales y biotécnicos pero también por colectivos diversos de agentes y por entornos organizativos, interpretativos y valorativos.

### **III. Tecnociencia y tecnocientificación: retos y modelos**

La comprensión de la tecnociencia y de los sistemas tecnocientíficos como prácticas y culturas implica la posibilidad de superar las teorías puramente interpretativas de la ciencia y la tecnología para tener en cuenta la estrecha vinculación existente entre las cuestiones de interpretación y las de valoración e intervención. Los métodos y los resultados de las interpretaciones culturales pueden y han de servir de instrumentos útiles para desarrollar mejores prácticas de valoración e intervención. En otras palabras, la tarea de los estudios de la ciencia y la tecnología no tiene por qué reducirse a la mera producción de sistemas interpretativos. Un objetivo necesario para poder encarar los retos de la tecnociencia y de la tecnocientificación cultural consiste en estudiar y estabilizar modelos culturales de interpretación, valoración e intervención, es decir, prácticas, entornos y recursos -tanto teóricos como técnicos y organizativos- de análisis y de reconstrucción rigurosa que sirvan para interpretar y comprender la estructura y la dinámica de los procesos de innovación, estabilización y transformación de las subculturas tecnocientíficas y extracientíficas, y, a partir de ahí, valorar los impactos y consecuencias e intervenir adecuadamente en dichos procesos.

### **Tecnociencia: los retos de la interpretación**

Desde la perspectiva del siglo XXI, se hace evidente que las innovaciones tecnocientíficas han sido los factores fundamentales que han configurado las culturas propias del siglo XX. Han modelado decisivamente el conjunto de las formas de vida, los entornos tanto materiales como interpretativos y valorativos, las cosmovisiones, los modos de organización social, económica y política junto con el medio ambiente característicos de esta época<sup>87</sup>. Mirando hacia adelante, no cabe duda que su influencia va a ser aún más determinante, si cabe, en el futuro.

La misma realidad de la desbordante producción tecnocientífica, desde la ingeniería genética y la telemática a la física del estado sólido y las ciencias de los materiales, se ha encargado de confirmar el carácter multidimensional de la tecnociencia puesto de manifiesto por la espiral interpretativa de ciencia, tecnología y sociedad. La producción de innovaciones tecnocientíficas se ha caracterizado como una proliferación de híbridos<sup>88</sup>, es decir, de realizaciones que embrollan las divisiones tradicionales en un complejo entramado de ciencia, tecnología, política, economía, naturaleza, derecho... La larga lista de los híbridos tecnocientíficos actualmente más representativos comprende, entre otros muchos, los implantes electrónicos en el cerebro humano, los microprocesadores biónicos, la clonación de animales, los alimentos transgénicos, la congelación de embriones humanos, las píldoras abortivas y poscoitales, el Viagra, los psicofármacos, los reactores nucleares, los vuelos espaciales, los ordenadores, los satélites de comunicaciones, las bombas "inteligentes", las redes telemáticas, los entornos de realidad virtual generados por ordenador, Internet, etc., etc. Cualquier controversia acerca de su producción, implantación, interpretación o valoración pone en pie, simultáneamente, a un tropel híbrido de portavoces de los más diversos ámbitos que van desde la ciencia, la política y la sociedad hasta la moral, la religión y la cultura.

A pesar de o, precisamente, por todo ello, nuestra cultura intelectual no parece saber cómo interpretar de forma apropiada el entramado de los híbridos que nuestra tecnociencia produce. Lo cual no es de extrañar, pues para esto es preciso cruzar repetidamente las divisorias filosóficas tradicionales que separan la ciencia y la sociedad, la naturaleza y la cultura. Los límites infranqueables establecidos filosóficamente entre dichas divisiones se revelan, en la misma constitución de los híbridos, como fronteras inexistentes. En nuestras sociedades, las interacciones sociales se establecen por medio de los artefactos generados en los laboratorios tecnocientíficos y, a su vez, las mismas comunidades, prácticas y laboratorios tecnocientíficos están constituidos por asociaciones de agentes humanos y de entornos materiales, simbólicos y bióticos. Cada día que pasa es más evidente que nuestra cultura occidental "es tecnocultura de la sala de consejo al dormitorio"<sup>89</sup>, al haberse poblado todos los entornos y formas de vida de híbridos tecnocientíficos. Incluso en el caso de la cultura entendida en el sentido más restringido de formas de percepción, representación, interpretación y valoración, es innegable que la delimitación de la misma respecto a la tecnociencia se está esfumando definitivamente con las

nuevas tecnologías de la información y la comunicación que han dado origen a los actuales medios informativos, televisivos y cinematográficos, la realidad virtual, Internet, el hipertexto, la hipermedia, etc.

De forma parecida se ha ido evaporando la demarcación entre naturaleza, tecnociencia y cultura como “*sistemas cerrados de objetos puros que se van delimitando mutuamente*”<sup>90</sup>. En la época del Proyecto Genoma Humano se puede hablar de la naturaleza como de “*un objeto manufacturado*”<sup>91</sup>, al mismo tiempo que la ingeniería genética y las biotecnologías están dando paso a una naturaleza “*extraída del laboratorio y después transformada en realidad exterior*”<sup>92</sup>, en la que se está promoviendo un conservacionismo ecológico dirigido no sólo a preservar y “mejorar” las especies existentes sino incluso a recuperar especies extinguidas, todo ello mediante puros procedimientos tecnocientíficos.

Se ha señalado que la incontrolada proliferación de híbridos tecnocientíficos, característica de nuestra tecnocultura, está relacionada con la incapacidad de conceptualizarlos dentro de los contextos interpretativos de la modernidad<sup>93</sup>. La carencia de una interpretación adecuada equivale, de algún modo, a una prohibición intelectual de la posibilidad de tales híbridos, que no hace sino fomentar los problemas derivados de su proliferación real, al bloquear la comprensión adecuada de la génesis y de las consecuencias de las innovaciones tecnocientíficas. De hecho, en el contexto de las divisiones infranqueables entre ciencia, sociedad, naturaleza y cultura no hay lugar para los híbridos tecnocientíficos. Por un lado, cualquier posibilidad de cruzamiento entre tales sistemas cerrados representa una quimera impensable. Por otro, las más significativas innovaciones tecnocientíficas no se dejan reducir a ninguno de esos sistemas puros. Los híbridos tecnocientíficos, al igual que la misma tecnociencia, no son reducibles, alternativamente,

- i) ni a puras representaciones conceptuales y teóricas,
- ii) ni a relaciones e interacciones exclusivamente sociales
- iii) como tampoco lo son a meras entidades naturales que trascienden la intervención humana
- iv) ni a simples ingenios y artefactos construidos
- v) ni, a su vez, a puro discurso interpretativo y valorativo.

El reto fundamental de la interpretación de las innovaciones tecnocientíficas consiste, pues, en tratar integradamente sus diversas manifestaciones como conectadas continuamente entre sí, en lugar de analizarlas separando las mismas. Se trata, sin duda, de un reto teórico y filosófico decisivo para el siglo XXI con relación a la comprensión y el manejo de los componentes esenciales de nuestra tecnociencia y de nuestra tecnocultura. La interpretación y la reconstrucción culturales de las innovaciones tecnocientíficas son decisivas porque nos permiten comprender su constitución y la dinámica de su estabilización y de sus impactos, y, a partir de ahí, poder abordar los retos con los que nos confronta su implantación, mediante la valoración de sus consecuencias y la intervención en su desarrollo. Pues, si las innovaciones que producimos y

estabilizamos tecnocientíficamente constituyen, en realidad, entramados de nuevos sistemas culturales, entonces podemos recobrar (pace toda clase de determinismos tecnológicos, sociológicos, biológicos, epistemológicos, históricos o metafísicos) una relativa libertad de seleccionar, cribar y ralentizar las innovaciones tecnocientíficas que han de configurar nuestra cultura en el futuro.

### **Tecnocientificación y globalización: los retos de la valoración y de la intervención**

Los modos de producción tecnocientífica se han desarrollado históricamente a partir de procesos en el campo de las ciencias físicas provocados y controlados en los laboratorios por los mismos investigadores como efectos reproducibles de artefactos y construcciones que, a su vez, eran resultados de la investigación científica, como, por ejemplo, pilas y generadores eléctricos, reacciones químicas, tubos de rayos catódicos, reactores nucleares, aceleradores de partículas, etc. Artefactos y procedimientos tecnológicos se han entrelazado estrechamente con teorías y procesamientos teóricos en el desarrollo de las prácticas de construcción, variación y registro experimentales, de descomposición y aislamiento de elementos, de manipulación, reemplazo y recombinación de los mismos, con el fin de reproducir a voluntad, controlar completamente y estabilizar los procesos deseados mediante la eliminación de perturbaciones en las disposiciones experimentales<sup>94</sup>.

La investigación tecnocientífica generalizada se caracteriza, precisamente por esas prácticas y entornos materiales, teóricos y organizativos desarrollados en los laboratorios y centrados en la producción de procedimientos, efectos y procesos cuyo control, reproducción y estabilización se logran mediante el diseño y la construcción de artefactos, dispositivos e ingenios de todo tipo, y con la transformación, el reemplazo y la recombinación de elementos en procesos ya dados y controlados. En el contexto de la tecnociencia, una ley natural “es, cada vez más, una descripción de la posibilidad y del resultado de experimentos—una ley de nuestra habilidad para producir fenómenos”<sup>95</sup>. Las regularidades producidas de forma experimental y controladas cuantitativamente, se provocan, reproducen y estabilizan tecnocientíficamente y cada procedimiento e instrumento de medida, registro y procesamiento de la información es, en definitiva, un producto tecnocientífico.

Una vez estabilizadas tecno-científica, interpretativa y organizativamente, las innovaciones resultantes (sean estas implantes electrónicos, microprocesadores, animales clonados o alimentos transgénicos, etc.) forman parte de sistemas tecnocientíficos, es decir, de sistemas culturales que tienen por objeto, como ya se ha dicho, la máxima controlabilidad, reproducibilidad y previsibilidad computables de sus prácticas y entornos mediante el ensamblaje tecnocientífico de agentes humanos, artefactos y procedimientos junto con teorías, interpretaciones y procesamientos teóricos.

El modelo tecnocientífico de investigación se ha ido expandiendo progresivamente a todos los campos de la investigación y de la producción científica. En este proceso de generalización

tecnocientífica, no sólo se han transferido los modos de producción tecnocientífica a otras disciplinas sino que estas han sido, a su vez, objeto de teorización en el marco tecnocientífico correspondiente. Es decir, junto con la transferencia de los procedimientos e instrumentos de investigación tecnocientífica se han elaborado extrapolaciones teóricas que han asimilado el nuevo dominio tecnocientificado en el contexto teórico de la tecnociencia dominante. Los nuevos procedimientos tecnocientíficos llevan consigo nuevos tratamientos teóricos y juntos dan lugar a nuevas tecnociencias, como en el caso de la biología molecular y la ingeniería genética.

Sin duda, uno de los procesos de tecnocientificación más representativos se encuentra en el dominio de la biología. Su tratamiento tecnocientífico es el resultado de un proceso relativamente reciente que se desencadenó en el siglo XX con las transferencias masivas de prácticas e instrumental de laboratorio del campo de la física y la química al de la investigación biológica. Dichas transferencias estuvieron promovidas por notables físicos y químicos, como Erwin Schödinger y Linus Pauling, que se pasaron a la biología con armas y bagajes para promover la teorización y el tratamiento de los procesos biológicos en términos moleculares. La configuración y la sistematización fisico-química de la investigación biológica desembocaron en los desarrollos tecnocientíficos de la biología molecular y la ingeniería genética. Estas representan la culminación del proceso de biotecnocientificación con el desarrollo de las tecnologías del ADN recombinante, destinadas a provocar y controlar procesos biotecnocientíficos y a generar nuevos organismos mediante el reemplazo y recombinación de elementos genéticos. Dichas tecnologías nada tienen que ver con la mejora de especies vegetales y animales por los métodos de selección tradicionales, sino que se trata claramente de innovaciones tecnocientíficas.

La producción biotecnocientífica no sólo se da dado en el campo de la genética, también ha generado un número creciente de nuevas biotecnologías, como las tecnologías microbiológicas y las germinales. Las biotecnologías microbiológicas operan mediante el aislamiento y selección de microorganismos para manipular determinados procesos y para la producción industrial de determinadas sustancias. Las biotecnologías de tratamiento germinal tienen que ver con los procesos de la fecundación extracorporal, la fusión celular o la clonación<sup>96</sup>.

Como ya se ha indicado anteriormente, los nuevos sistemas tecnocientíficos, estabilizados primeramente en el seno de las subculturas científicas que los han generado, son generalmente exportados y estabilizados en medios culturales extracientíficos donde operan la *tecnocientificación* y la transformación de los mismos. La tecnocientificación operada por los nuevos sistemas biotecnocientíficos ha dado lugar, sin duda, a los más evidentes, significativos y radicales impactos en la transformación de sistemas culturales tradicionales. Así, la agricultura, la ganadería y la medicina tradicionales se han caracterizado, desde sus orígenes prehistóricos, por las prácticas y los entornos de intervención *blanda*, es decir, basadas en procedimientos predominantemente anticipativos que respetaban, en buena medida, la espontaneidad y la autonomía originarias de los agentes y de los procesos biológicos en cuestión, pero en los que se daba una determinada intervención o ayuda, dirigida a acondicionarlos adecuadamente hacia los resultados deseados. Los sistemas biotecnocientíficos, por el contrario, se basan preferentemente

en prácticas y entornos *duros* (es decir, de intervención y control tecnocientífico) en los que priman procedimientos y productos desarrollados en los laboratorios de síntesis química, de biotecnología y de ingeniería genética y que tienden a anular la autonomía y la espontaneidad originarias de los procesos intervenidos para asegurar su total control y reproducibilidad. De esta forma, la tecnocientificación de la agricultura, la ganadería y la producción alimentaria en general ha seguido un proceso acelerado que ha ido desde la primera utilización de abonos químicos y pesticidas hasta el empleo de hormonas sintéticas y sustancias químicas de todo tipo, y los más recientes procedimientos biotecnológicos y genéticos para la reproducción, selección y creación de especies animales y vegetales.

Las innovaciones biotecnocientíficas no han dejado prácticamente ningún ámbito de los bioentornos tradicionales, es decir, de lo que tradicionalmente se consideraba la naturaleza, fuera de su alcance. No sólo se compete investigando y desarrollando nuevos sistemas para la manipulación, producción y reproducción de animales y vegetales, sino que las prácticas tradicionales más comunes de la agricultura y de la cría de animales están siendo desplazadas para dar paso a prácticas y entornos de laboratorio industrial. Incluso se quiere “renaturalizar” los paisajes arruinados como consecuencia directa o indirecta de la producción industrial tecnocientífica sometiendo a una ecogestión que pretende hacer uso de las formas más avanzadas de intervención biotecnocientífica<sup>97</sup>. La misma naturaleza humana, es decir, el cuerpo humano y sus procesos de reproducción, es un objetivo prioritario para la expansiva tecnocientificación que va desde el trasplante de órganos, el control y la realización tecnológica de procesos orgánicos (marcapasos, diálisis, corazones mecánicos...) hasta la manipulación operativa y hormonal del sexo y las intervenciones genéticas. Pero, sobre todo, es en la procreación humana donde la intervención biotecnocientífica es más crítica. En la actualidad los investigadores, los profesionales y la industria médica la están encauzando (alegando fines eugenésicos) hacia procesos tecnocientificados provocados, guiados y controlados mediante sistemas biotecnocientíficos de diagnóstico, de fecundación, de intervención genética y, seguramente en un futuro no muy lejano, de clonación.

Las capacidades de innovación desarrolladas por las culturas humanas han ido creando a lo largo del tiempo una inconmensurable diversidad de prácticas y entornos que han pasado a formar parte de los sistemas culturales vitales de las mismas, junto con sus bioentornos originarios. En las actuales tecnoculturas, no sólo los sistemas biotécnicos han sido ampliamente tecnocientificados sino que las innovaciones tecnocientíficas han ido transformando progresivamente las prácticas y los entornos de la totalidad de los dominios culturales, en el curso de un proceso de tecnocientificación generalizada. Todas las tendencias apuntan claramente hacia una tecnocientificación total que parece guiada por el *imperativo tecnocientífico* que prescribe hacer extensivas las formas de intervención tecnocientífica a cualquier dominio cultural que pueda ser objeto de las mismas. La proliferación y la difusión mundial de los sistemas tecnocientíficos, en especial de los relacionados con las nuevas tecnologías de la información y la comunicación, no sólo han ido operando la tecnocientificación

global de las culturas de origen europeo sino que, a través de transferencias culturales universales cada vez más rápidas, están dando paso a la *globalización tecnocientífica* y a la consiguiente homogeneización de las diversidades culturales a escala planetaria.

La clave y el desencadenante de la tecnocientificación global de las culturas ha sido la tecnocientificación originaria de las disciplinas científicas, que, como matriz de la tecnociencia, ha impulsado el imperativo tecnocientífico y ha hecho posible su implementación y su legitimación. La historia de la tecnocientificación progresiva de las culturas científicas es la historia de las nuevas tecnociencias que se han constituido en el paradigma actual del conocimiento, de la investigación y de la intervención científica. Los procesos de tecnocientificación se han legitimado epistemológica y cosmológicamente mediante concepciones tecnocientíficas del conocimiento, de la ciencia y de la naturaleza. La tecnocientificación de la naturaleza y la naturalización de la tecnociencia (conforme al principio de que “todo lo producido tecnocientíficamente obedece, de algún modo, leyes naturales”) han sido procesos que se han sostenido mutuamente con la ayuda y la autoridad de interpretaciones tecnocientíficas.

Ahora bien, la configuración tecnocientífica de cualquier práctica implica entornos asimismo tecnocientificados, es decir, configurados como sistemas que han de ser cada vez más controlables. Pues, los sistemas tecnocientíficos sólo pueden exportarse (es decir, los procedimientos y entornos de intervención tecnocientífica sólo pueden estabilizarse y ser efectivos en medios culturales extracientíficos) si se transfieren, de alguna manera, a esos mismos medios culturales las condiciones de laboratorio originarias que garantiza y forman parte de su funcionamiento<sup>98</sup>. De esta forma se intenta eliminar perturbaciones potencialmente incontrolables y asegurar la reproducción y el control al modo tecnocientífico de los procesos deseados.

Pero, siguiendo la lógica del imperativo tecnocientífico y de la equiparación de racionalidad con control, la misma gestión de eventuales riesgos y la estabilización de funcionamientos problemáticos se plantean en términos del “perfeccionamiento” de los sistemas en cuestión mediante el refuerzo de su diseño tecnocientífico. Es decir, al definir la gestión racional en función de la optimización del control, la tendencia a la tecnocientificación total de los entornos se hace compulsiva. De este modo, la política del *modelo tecnocientífico de intervención* tiende, por su propia dinámica, a la transformación y organización del conjunto de los entornos materiales, simbólicos y sociales y de los bioentornos en sistemas tecnocientíficos, es decir, en entramados completamente predecibles y controlables.

Paralelamente a la expansión de los procesos de tecnocientificación, los sistemas tecnocientíficos se han hecho cada vez más complejos y se han interrelacionado formando redes que tienden a abarcar la totalidad de los entornos vitales. Estos entramados han resultado cada vez más complejos y propensos a que fallos relativamente pequeños desembocaran en serias consecuencias. Como se ha podido comprobar repetidamente en el caso de sistemas tecnocientíficos relacionados con la energía nuclear, la industria química, los vuelos espaciales, los sistemas informáticos, las bombas y los misiles “inteligentes”, etc. (especialmente

problemáticos por no ser compatibles con fallos menores sin riesgo de consecuencias irreversibles) con la mayor capacidad de intervención y control tecnocientífico ha crecido también la potencialidad de las desestabilizaciones, de los riesgos, de los accidentes y de las consecuencias no deseadas.

La misma gestión tecnocientífica de los riesgos tiende a conducir a una espiral de riesgo. Pues, implica un incremento del control de los sistemas tecnocientíficos sólo alcanzable mediante una mayor tecnocientificación de los entornos que, a su vez, encierra la posibilidad de nuevas desestabilizaciones y de riesgos potenciales, por lo general, de mayor alcance y con consecuencias más extremas. Por otra parte, la gestión de los eventuales riesgos derivados de una producción tecnocientífica desenfrenada supone una tal expansión paralela de la evaluación de impactos y de la prevención de riesgos que es difícilmente realizable<sup>99</sup>. Las limitaciones del modelo de evaluación y de intervención basado en la tecnocientificación de esos mismos riesgos radican, precisamente, en que dicho modelo está en el origen de los males que intenta remediar.

Cuando el mínimo descontrol corre el riesgo de convertirse en una catástrofe, es explicable que se acabe identificando la gestión y la solución racional con un control tecnocientífico aún mayor. Sin embargo, la tecnocientificación absoluta completamente exenta de fallos no ha llegado a realizarse ni parece prácticamente realizable a gran escala, ni siquiera en los sistemas más relacionados con las propias tecnologías del control, como son la informática y la microelectrónica. Los grandes retos de las tecnoculturas basadas en el primado del imperativo tecnocientífico y del modelo tecnocientífico de intervención radican, precisamente, en que la aplicación absoluta y global de los mismos parece conducirnos al desarrollo de culturas de riesgo<sup>100</sup> y a crisis culturales que no son manejables únicamente con los medios de valoración e intervención tecnocientíficos.

### **Modelos de interpretación, valoración e intervención**

Los procesos generalizados de tecnocientificación y de globalización plantean, además, otros retos de aún mayor trascendencia con relación con la homogeneización tecnocientífica de las culturas. Las innovaciones tecnocientíficas y la tecnocientificación de sistemas culturales, es decir, su transformación en sistemas tecnocientíficos, generan, eventualmente, incompatibilidades con relación a sistemas tradicionales no tecnocientificados pertenecientes a los mismos medios culturales. Por un lado, los sistemas culturales tradicionales son propensos a desestabilizarse en entornos cada vez más tecnocientificados y, por otro, los propios sistemas tradicionales resultan, a menudo, disfuncionales para los sistemas tecnocientíficos del mismo medio, por lo que tienden a ser absorbidos conforme al imperativo tecnocientífico. Cada clase de sistemas culturales corresponde a formas de intervención y de interacción determinadas. Los sistemas de intervención y de interacción tradicionales se hacen, generalmente, inviables en un medio intensamente tecnocientificado con formas de intervención e interacción centradas en el control absoluto. El imperativo de la tecnocientificación total desemboca, así, en una

homogeneización tecnocientífica global como resultado de la progresiva desestabilización de sistemas culturales y subculturas basadas en prácticas y entornos no tecnocientíficos.

La indiscriminada tecnocientificación global de las culturas, promovida por la continua avalancha de innovaciones, exportaciones y transferencias tecnocientíficas, junto con las incompatibilidades y las desestabilizaciones generadas por la misma con relación a muchos sistemas y culturas tradicionales y los consiguientes impactos y riesgos difíciles de resolver, han suscitado, desde hace tiempo, importantes inquietudes y resistencias culturales y constituyen uno de los desencadenantes principales, a nivel mundial, de las crisis más relevantes en la actualidad. Entre las crisis, los conflictos y las confrontaciones que directamente o indirectamente tienen su origen en los desarrollos tecnocientíficos actuales, se encuentran, entre otras, las relacionadas con el calentamiento global, las contaminaciones ambientales de todo tipo, los riesgos nucleares, los alimentos transgénicos, la clonación, la investigación con células madre, la reproducción humana "a la carta", las píldoras abortivas, la automatización y el control informático del trabajo y de la guerra, las armas de destrucción masiva nucleares, químicas y biológicas, el control de los medios de información y de comunicación, la delincuencia informática, la globalización, la marginación y la pobreza del Tercer Mundo, etc.

En vista de todo ello, es obvio que el reto fundamental de las culturas del siglo XXI se centra entorno a la necesidad de modelos de comprensión, de valoración y de resolución de los impactos y de las crisis planteadas por los desarrollos tecnocientíficos contemporáneos. Se trata de indagar y debatir *modelos de desarrollo* dirigidos a manejar crisis y riesgos y a dirimir confrontaciones y conflictos mediante la estabilización como sistemas culturales de prácticas, entornos y recursos capaces de moderar y configurar, en general, los procesos de producción y estabilización de innovaciones tecnocientíficas y de desestabilización y transformación de tradiciones culturales.

### **Modelos tecnocientíficos de desarrollo**

A través de la progresiva implantación de sistemas tecnocientíficos en todos los dominios culturales y en todas las culturas, el modelo tecnocientífico de intervención se ha constituido en la base de la gestión y de la solución *racional* de problemas. La política de la gestión tecnocientífica se ha convertido, indirectamente, en partícipe de la legitimación de las innovaciones tecnocientíficas y ha surgido un círculo de reforzamiento mutuo. Las concepciones tecnocientíficas del conocimiento, de la ciencia, de la naturaleza y de la sociedad legitiman el modelo tecnocientífico de intervención y gestión como paradigma de la eficiencia y de la acción racional y, a su vez, la implementación de dicho modelo como realidad política estabiliza las interpretaciones implicadas como concepciones adecuadas.

Como consecuencia de la tecnocientificación de la intervención política, las prácticas de valoración e intervención basadas tradicionalmente en normas y leyes, en sistemas de interacción y organización social, y en visiones y voluntades políticas, se han transformado en modelos de

desarrollo en los que priman la valoración, la intervención y el control basados en sistemas tecnocientíficos. Sin duda, el modelo tecnocientífico de desarrollo con mayor implantación política es el que propugna el desarrollo económico sostenido.

El modelo de desarrollo sostenido parte de un crecimiento económico permanente, impulsado por las llamadas leyes del mercado competitivo. Se alega que dicho crecimiento posibilita un desarrollo general (económico, social, político, etc.) satisfactorio y capaz de superar problemas tales como el desempleo, la inestabilidad social y política, la falta de democracia o el subdesarrollo. Teóricamente, el modelo se basa de las doctrinas del liberalismo económico que defienden el sistema de mercado libre de intervenciones estatales. Según estas teorías, las leyes del mercado son inexorables. Cualquier intento de intervenir en el mismo es contraproducente y sólo puede empeorar la situación. De ahí que hay que minimizar las intervenciones de los estados y liberalizar globalmente los mercados, las inversiones y los intercambios económicos. Pues, el propio sistema de mercado lo resuelve prácticamente todo. Además, es inútil intentar suprimir las desigualdades, porque vienen dadas por la propia naturaleza humana. En todo caso, hay que conseguir primero que el pastel crezca de modo continuo antes de pensar en repartirlo.

El modelo de desarrollo sostenido va ligado a la idea del desarrollo tecnocientífico como un proceso regido por una lógica inmanente de carácter determinista. Conforme a este determinismo, las innovaciones tecnocientíficas se imponen por sí mismas de una forma imparable, porque representan la realización de tareas, la resolución de problemas o la satisfacción de necesidades y deseos de una forma más eficaz, más económica, más simple o más cómoda. A su vez, el desarrollo tecnocientífico es, según este modelo, el motor que impulsa el desarrollo económico, social y político. Consecuentemente, toda innovación tecnocientífica es positiva y el principio liberal del *laissez faire* económico debe complementarse con el imperativo del *laissez innover* tecnocientífico.

La tecnociencia se considera, en este contexto, como la forma superior de conocimiento de la naturaleza y de la sociedad y el fundamento de la acción racional. Tanto la legitimidad del modelo como la autoridad de sus ejecutores se justifican, en un marco tecnocrático, por razón de la competencia de los expertos tecnocientíficos, quienes, debido a sus conocimientos son, de acuerdo con el modelo, los únicos agentes propiamente capacitados para decidir y llevar a cabo las intervenciones adecuadas.

### **Modelos culturales de desarrollo**

A diferencia de los modelos tecnocientíficos de intervención, orientados primariamente a operar con el máximo control mediante sistemas tecnocientíficos, los modelos culturales de interpretación, valoración e intervención parten, más bien, de prácticas y entornos relacionados con el lenguaje, el discurso, la deliberación y la acción conjuntas. En último término, se trata de que tales modelos puedan implementarse como sistemas culturales a través de la estabilización de colectivos culturales con capacidades y recursos metódicos y eficaces para interpretar, valorar

e intervenir en los contextos de la resolución de problemas, controversias y conflictos derivados de los desarrollos tecnocientíficos.

Si, como ya se ha apuntado anteriormente, las incompatibilidades generadas por los desarrollos tecnocientíficos indiscriminados constituyen uno de los desencadenantes principales de los conflictos y de las crisis actuales, entonces la capacidad de los modelos culturales de interpretación, valoración e intervención han de calibrarse, sobre todo, de acuerdo con su eficiencia para contribuir a formas de *desarrollo compatible*, es decir, a sistemas de desarrollo en los que no se lleguen a consolidar problemáticamente tales incompatibilidades.

Un *modelo cultural de desarrollo compatible* ha de tener por objeto las prácticas y los recursos capaces de estabilizar compatiblemente la *diversidad* de formas de vida y sus desarrollos. Pero, no se trata de configurar los procesos de desarrollo conforme a supuestas leyes universales (sean éstas económicas, físicas o metafísicas), ni modelándolos según determinados principios o valores teóricos con pretensiones supraculturales o simplemente aceptando el veredicto soberano de expertos. La compatibilidad, como propiedad central de la estabilización de innovaciones y de la transformación de tradiciones, ha de configurarse primariamente en relación con los sistemas culturales, las subculturas y las tradiciones que constituyen cada cultura en particular, o sea, con relación a sus propios agentes, prácticas, entornos y medios culturales. La implementación del modelo es, pues, *relativa* a los diversos componentes propios de cada cultura y equivale a intentar maximizar la diversidad y la compatibilidad intra e interculturales<sup>101</sup>.

El modelo cultural de desarrollo compatible parte de las prácticas de los propios agentes culturales, conscientes de la complejidad de los procesos de innovación, estabilización y transformación culturales y de las posibilidades de interpretar, valorar e intervenir en los mismos. Dado el carácter cultural general de las prácticas discursivas y sociales que lo sustentan, es un modelo de *autonomía* cultural, pues está abierto a la participación del conjunto de los agentes de cualquier cultura o subcultura, sin necesidad de competencias culturales especiales, como es el caso de las tecnocientíficas. Todos los agentes pertenecientes a los diversos sistemas culturales afectados e implicados en determinados procesos de estabilización y desestabilización han de poder tomar parte directamente (con sus diferentes cosmovisiones, intereses y proyectos originarios) en la resolución de conflictos conforme al modelo cultural de desarrollo compatible, incluso cuando se trata de culturas o subculturas poco o nada desarrolladas tecnocientíficamente.

Por el contrario, si nos situamos en un modelo tecnocientífico de desarrollo, entonces los colectivos que integran sistemas culturales y subculturas ajenas a las competencias tecnocientíficas suelen quedar relegados de la configuración de los procesos de cambio, aun cuando se vean directamente afectados por las transformaciones culturales en cuestión. Para la mayoría de dichos colectivos y subculturas, las innovaciones tecnocientíficas y las consiguientes transformaciones culturales se imponen de un modo aparentemente determinado por su propia dinámica interna, que hace prevalecer, generalmente, los nuevos sistemas tecnocientíficos a costa de los sistemas culturales tradicionales que resultan incompatibles con los mismos. Al mismo tiempo, con la proyección del desarrollo tecnocientífico como modelo universal de innovación,

estabilización y transformación cultural se promueve y justifica, de algún modo, la proliferación y la exportación acelerada de las subculturas tecnocientíficas a todos los ámbitos de todas culturas. Ello conduce, de una forma arrolladora, a la homogeneización creciente de las diversidades culturales y subculturales a escala mundial y hace posible la palpable *globalización* supercultural.

Embarcados ya en el siglo XXI, es evidente que los sistemas y las subculturas tecnocientíficas se han constituido en los factores dominantes de la innovación y de la transformación a escala supercultural global, con todas las crisis, conflictos, riesgos, beneficios y perjuicios que se derivan. Sin embargo, los sistemas y las subculturas tecnocientíficas no son creaciones aberrantes que pongan en peligro la cultura y la misma humanidad, sino que constituyen auténticas realizaciones culturales humanas que marcan distintivamente las culturas del presente. El reto decisivo e ineludible que se plantea ahora es el de interpretar y de valorar las eventuales consecuencias irreversibles a las que nos puede conducir las estabilizaciones de innovaciones tecnocientíficas así como las nuevas posibilidades que las mismas nos ofrecen, de formular proyectos que permitan aprovechar las oportunidades y esquivar los riesgos que comportan y de decidir qué se va a hacer y cómo se va a intervenir. Para ello, cada cultura ha de aprender a conjugar las innovaciones de las subculturas tecnocientíficas con la innovación de sistemas culturales de interpretación, valoración e intervención capaces de moderar la producción y la estabilización de las primeras. Las subculturas de innovación tecnocientífica y las subculturas de interpretación, valoración e intervención han de integrarse dando paso a *culturas híbridas* de desarrollo compatible en las que sea posible fomentar el bienestar conjunto de humanos y no humanos en la diversidad de las prácticas y de los entornos particulares de todas y cada una de las culturas.

## NOTAS

<sup>1</sup> Cf. I. Hacking, *The Social Construction of What?*, Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1999 y R. N. Giere, *Science Without Laws*, Chicago, The University of Chicago Press, 1999.

<sup>2</sup> Hacking, op. cit.

<sup>3</sup> R. Carnap, "Logical Foundations of the Unity of Science", en Neurath, Carnap y Morris (Eds.), *Foundations of the Unity of Science*, vol. I, Chicago, Chicago University Press, 1938, págs. 42-43.

<sup>4</sup> L. Fleck *Die Entstehung und Entwicklung einer wissenschaftlichen Tatsache*, Basilea, 1935.

<sup>5</sup> B. Hessen, "The Social and Economic Roots of Newton's Principia", en Werskey, P.G. (ed.), *Science at the Cross Roads*, London, 1971, págs. 147-212.

<sup>6</sup> E. Zilsel, *Die sozialen Ursprünge der neuzeitlichen Wissenschaft*, Frankfurt am Main, Suhrkamp, 1976.

<sup>7</sup> José Ortega y Gasset, *Meditación de la técnica*, Madrid, Espasa-Calpe, 1965, pág. 13.

<sup>8</sup> Martin Heidegger, "Die Frage nach der Technik", en *Vorträge und Aufsätze*, Pfullingen, Neske, 1954, pág. 21. Traducción del autor.

<sup>9</sup> El desocultamiento que impera en la técnica moderna es un provocar que le exige a la naturaleza suministrar energía que como tal pueda ser extraída y almacenada. (...) Esta (provocación) se realiza en tanto que se extrae la energía oculta en la naturaleza, lo extraído se transforma, lo transformado se almacena, lo almacenado a su vez se distribuye y lo distribuido se conmuta de nuevo. Extraer, transformar, almacenar, distribuir y conmutar son formas de desocultar. *Op. cit.*, pág. 24.

<sup>10</sup> Entre otras muchas obras de Hugo Dingler, cf. *Der Glaube an die Weltmaschine und seine Überwindung*, Stuttgart, Ferdinand Enke, 1932 y *Über die Geschichte und das Wesen des Experimentes*, Munich, Eidos, 1952.

<sup>11</sup> Heidegger, *op. cit.*, pág. 31.

<sup>12</sup> F. Rapp, *Filosofía analítica de la técnica*, Buenos Aires, Alfa, 1981, pág. 14.

<sup>13</sup> *Ibid.*, pág. 60.

<sup>14</sup> M. Bunge, "Five Buds of Techno-Philosophy", *Technology in Society*, 1, 1979, págs. 67-74.

<sup>15</sup> "Technology as Applied Science" es precisamente el título del artículo publicado en *Technology and Culture* en 1966 que reproduce la contribución de Bunge al primer simposio sobre filosofía de la tecnología (cf. supra).

<sup>16</sup> M. Bunge, *La investigación científica*, Barcelona, Ariel, 1969, pág. 43.

<sup>17</sup> *Ibid.*, pág. 695.

<sup>18</sup> *Ibid.*, pág. 694.

<sup>19</sup> *Ibid.*

<sup>20</sup> *Ibid.*, pág. 695.

<sup>21</sup> Así, por ejemplo, el enunciado "Si se calienta un cuerpo imantado por encima de su punto de Curie, entonces pierde su imantación" sería el enunciado nomoprágmató correspondiente a la regla tecnológica "Para desimantar un cuerpo, caliéntesele por encima de su punto de Curie". A su vez, dicho enunciado se derivaría de la ley científica "Si la temperatura de un cuerpo imantado rebasa su punto de Curie, entonces el cuerpo pierde su imantación".

<sup>22</sup> A. Pickering, "From Science as Knowledge to Science as Practice", en Pickering, A. (ed.), *Science as Practice and Culture*, Chicago: The University of Chicago Press, 1992, pág. 5.

<sup>23</sup> B. Latour, "On Technical Mediation – Philosophy, Sociology, Genealogy", *Common Knowledge*, 1994, pág. 54.

<sup>24</sup> A. Pickering, "The Mangle of Practice: Agency and Emergence in the Sociology of Science", *American Journal of Sociology*, 99, 3, 1993, pág. 563.

<sup>25</sup> *Ibid.*

<sup>26</sup> Cf. I. Hacking, *Representing and Intervening*, Cambridge, Cambridge University Press, 1983.

<sup>27</sup> *Ibid.*, págs. 167 y 181.

<sup>28</sup> I. Hacking, "The Self-Vindication of the Laboratory Sciences", en A. Pickering (ed.) *Science as Practice and Culture*, Chicago, The University of Chicago Press, 1992, pág. 30.

<sup>29</sup> I. Hacking, *Representing and Intervening*, Cambridge, Cambridge University Press, 1983, pág. 245.

<sup>30</sup> P. Lorenzen, *Theorie der technischen und politischen Vernunft*, Stuttgart, Reclam, 1978, pág. 153. Traducción del autor.

- 
- <sup>31</sup> P. Lorenzen, *Lehrbuch der konstruktiven Wissenschaftstheorie*, Mannheim, Wissenschaftsverlag, 1987, pág. 18.
- <sup>32</sup> P. Lorenzen, "Das technische Fundament der Geometrie", en Burrichter, C., Inhetveen, R. y Kötter, R. (Eds.) *Technische Rationalität und rationale Heuristik*. Munich, Schöningh, 1986, pág. 23.
- <sup>33</sup> *Ibíd.*, pág. 24.
- <sup>34</sup> Cf. P. Janich, "Physics - Natural Science or Technology?", en W. Krohn, E. Layton y P. Weingart (Eds.), *The Dynamics of Science and Technology*, Dordrecht, Reidel, 1978, págs. 3-27.
- <sup>35</sup> Cf. L. Hickman, *John Dewey's Pragmatic Technology*, Bloomington, Indiana University Press 1990.
- <sup>36</sup> *Ibíd.*, pág. 115.
- <sup>37</sup> *Ibíd.*, pág. 46.
- <sup>38</sup> Cf., por ejemplo, St. Shapin y S. Schaffer, *Leviathan and the Air-Pump. Hobbes, Boyle and the Experimental Life*, Princeton, Princeton University Press, 1985. P. Galison, *How Experiments End*, Chicago, The University of Chicago Press, 1987. D. Gooding, T. Pinch y S. Schaffer (Eds.), *The Uses of Experiment. Studies in the Natural Sciences*, Cambridge, Cambridge University Press, 1989.
- <sup>39</sup> Cf. D. de Solla Price, "The Science/Technology Relationship, the Craft of Experimental Science, and Policy for Improvement of High Technology Innovation", *Research Policy*, 13, págs. 3-20, 1984.
- <sup>40</sup> K. R. Popper, *The Open Society and Its Enemies*, vol. I, London, Routledge & Kegan Paul, 1966, pág. 1.
- <sup>41</sup> Bunge, *op. cit.* págs. 683s.
- <sup>42</sup> R. N. Proctor, *Value-Free Science?: Purity and Power in Modern Science*, Cambridge, Mass., Harvard University Press, pág. 85.
- <sup>43</sup> P. Feyerabend, *Science in a Free Society*, London, NLB, 1978.
- <sup>44</sup> Subrayados del autor.
- <sup>45</sup> M. Harris, *Introducción a la antropología general*, Madrid, Alianza, pág. 123.
- <sup>46</sup> E. A. Hoebel y Th. Weaver, *Antropología y experiencia humana*, Barcelona, Omega, pág. 269.
- <sup>47</sup> *Ibíd.*, pág. 303.
- <sup>48</sup> I. Rouse, *Introducción a la prehistoria: un enfoque sistemático*, Barcelona: Bellaterra, pág. 225.
- <sup>49</sup> A. Giddens, *Sociología*, Madrid, Alianza, 1991, pág. 65. Subrayado en el original.
- <sup>50</sup> S. Plant, "The virtual complexity of culture", en Robertson, G. et al. (Eds.), *Future Natural. Nature, science, culture*, London/New York, 1996, pág. 214.
- <sup>51</sup> *Ibíd.*
- <sup>52</sup> M. Menser, y S. Aronowitz, "Sobre los estudios culturales, la ciencia y la tecnología", en Aronowitz, S., Martinsons, B. y Menser, M. (Eds.) *Tecnociencia y cibercultura: la interrelación entre cultura, tecnología y ciencia*, Barcelona, Paidós, 1998, pág. 24.
- <sup>53</sup> L. Wittgenstein, *Philosophische Untersuchungen (Investigaciones filosóficas)* [en adelante PhU], Frankfurt am Main, Suhrkamp, 1967, §38. Las traducciones son del autor.
- <sup>54</sup> L. Wittgenstein, *Bemerkungen über die Grundlagen der Mathematik (Observaciones sobre los fundamentos de la matemática)* [en adelante BGM ], Frankfurt am Main, Suhrkamp, 1984, VI, §34. Las traducciones son del autor.
- <sup>55</sup> BGM V, §1.
- <sup>56</sup> PhU §199.
- <sup>57</sup> BGM VI, §41.
- <sup>58</sup> BGM V, §2.
- <sup>59</sup> BGM IV, 18.
- <sup>60</sup> BGM I, §133.
- <sup>61</sup> G. P. Baker y P. M. S. Hacker, *Wittgenstein: Rules, Grammar and Necessity*, Oxford, Blackwell, 1985, págs. 154 ss.
- <sup>62</sup> BGM VII, §24.
- <sup>63</sup> BGM III, §67.
- <sup>64</sup> BGM VII, §9.
- <sup>65</sup> BGM VI, §45.
- <sup>66</sup> PhU, §23.
- <sup>67</sup> PhU, §19.
- <sup>68</sup> BGM VI, §34.
- <sup>69</sup> PhU, §199; BGM, VI, §43.
- <sup>70</sup> BGM VII, §24.

- 
- <sup>71</sup> BGM, V, §2.
- <sup>72</sup> BGM IV, §35
- <sup>73</sup> BGM VII, §39.
- <sup>74</sup> L. Winner, *La ballena y el reactor*, Barcelona, Gedisa, 1987, págs. 19 ss.
- <sup>75</sup> D. Bloor, *Wittgenstein: A Social Theory of Knowledge*, London, Macmillan, 1983, pág. 2.
- <sup>76</sup> A. Giddens, *La constitución de la sociedad: bases para la teoría de la estructuración*, Buenos Aires, Amorrortu, 1995, pág. 57.
- <sup>77</sup> Th. S. Kuhn, *La tensión esencial*, México, FCE, 1977, pág. 143.
- <sup>78</sup> D. Hartmann y P. Janich, *Methodischer Kulturalismus*, Frankfurt a. M., Suhrkamp, 1996, pág. 68.
- <sup>79</sup> A. Pickering, "From Science as Knowledge to Science as Practice", en Pickering, A. (ed.), *Science as Practice and Culture*, Chicago: The University of Chicago Press, 1992, pág. 2.
- <sup>80</sup> A. Pickering, *The Mangle of Practice: Time, Agency & Scienc.*, Chicago, The University of Chicago Press, 1995, pág. 3.
- <sup>81</sup> Generalmente se acostumbra a identificar los entornos materiales con la "técnica" o la "tecnología", dando a estos términos un sentido restringido.
- <sup>82</sup> Los entornos simbólicos son equiparables, por lo general, con la "cultura", en una concepción muy restringida de la misma.
- <sup>83</sup> Los entornos organizativos corresponden al complejo de técnicas, artefactos e instituciones de organización e interacción que comúnmente recibe el nombre de "sociedad".
- <sup>84</sup> Los bioentornos corresponden a lo que generalmente se llama *naturaleza*. Esta se considera a veces como contrapuesta a todo lo técnico, sin embargo, aun cuando los bioentornos incluyan seres vivos y procesos no construidos en el mismo sentido que los artefactos materiales, no por eso dejan de tener un carácter cultural en cuanto su producción, reproducción e interacción con los agentes están configuradas por determinadas prácticas culturales biotécnicas. Lo que constituye la naturaleza para cada cultura particular viene dado primariamente por el conjunto de sus biotécnicas.
- <sup>85</sup> La intensidad y el carácter de las innovaciones pueden diferir muy notablemente según se trate de culturas tradicionales o de modernas culturas tecnocientíficas, en las que el imperativo de la constante innovación tecnocientífica se ha convertido en la característica cultural primordial.
- <sup>86</sup> S. Aronowitz, B. Martinsons y M. Menser, (Eds.) *Tecnociencia y cibercultura: la interrelación entre cultura, tecnología y ciencia*, Paidós, Barcelona, 1998; D. J. Hess, *Science and Technology in a Multicultural World*. Columbia University Press. New York, 1995.
- <sup>87</sup> D. J. Hess, *Science and Technology in a Multicultural World*, New York, Columbia University Press, 1995, págs. 106 y ss.
- <sup>88</sup> B. Latour, *Nunca hemos sido modernos*, Madrid, Debate, 1993, pág. 11.
- <sup>89</sup> Menser. y Aronowitz, *op. cit.*, pág. 25.
- <sup>90</sup> *Ibid.*
- <sup>91</sup> Hess, *op. cit.*, pág. 111.
- <sup>92</sup> Latour, *op. cit.*, pág. 118.
- <sup>93</sup> *Ibid.*
- <sup>94</sup> A. von Gleich, "Über den Umgang mit Natur. Sanfte Chemie als wissenschaftliches, chemiepolitisches und regionalwirtschaftliches Konzept", *Wechselwirkung* 48. 1991, págs. 4-11.
- <sup>95</sup> Afirmación del reconocido físico alemán Carl Friedrich von Weizsäcker. C.F. von Weizsäcker, *Die Einheit der Natur*, München, dtv, 1974.
- <sup>96</sup> J. Sanmartín, *Los nuevos redentores. Reflexiones sobre la ingeniería genética, la sociobiología y el mundo feliz que nos promete*, Barcelona, Anthropos, 1997.
- <sup>97</sup> G. Böhme, "Die Natur im Zeitalter ihrer technischen Reproduzierbarkeit", *Information Philosophie* 2, 1990, págs. 5-17.
- <sup>98</sup> B. Latour, B. 1983. "Give Me a Laboratory and I will Raise the World", en K. D. Knorr-Cetina, y M.J. Mulkay, (Eds.) *Science Observed: Perspectives on the Social Study of Science*, London/Beverly Hills, Sage, 1983.
- <sup>99</sup> Como es evidente, por ejemplo, en el caso de la producción de síntesis química. Cf. A. von Gleich, *op. cit.*
- <sup>100</sup> Véase U. Beck, *Risikogesellschaft. Auf dem Weg in eine andere Moderne*. Frankfurt am Main, Suhrkamp, 1986; A. Giddens, *Las consecuencias de la modernidad*, Madrid, Alianza, 1993; U. Beck, *La sociedad del riesgo global*, Madrid, Siglo XXI, 2002.

---

<sup>101</sup> M. Medina, “Ciencia, tecnología y cultura. Bases para un desarrollo compatible”, *Ludus Vitalis*, VII, 11, 1999, págs.177-192.