

# LA CULTURA DE LA TECNOCENCIA

Manuel Medina

Universidad de Barcelona

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

## Introducción

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 desarrollo tecnocientífico.

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.

A pesar de las disertaciones entorno a la ciencia aparentemente culturalistas, la concepción integrada de las ciencias y las tecnologías como prácticas y culturas representa el enfoque actual más capaz de manejar la complejidad que han evidenciado los actuales estudios de ciencia y tecnología. A lo largo de este periodo, las concepciones lingüísticas y metodológicas de la filosofía analítica de la ciencia, predominantes hasta principios de la segunda mitad del siglo XX, han tenido que ir dando paso tanto a los contextos sociales, históricos, políticos y valorativos, como a los materiales y tecnológicos. Cada uno de los giros que han ido configurando la espiral interpretativa de ciencia, tecnología y sociedad en el curso del pasado siglo equivale, de algún modo, a reivindicar la reintegración en la complejidad de la tecnociencia contemporánea 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<sup>1</sup>.

El propio carácter de la tecnociencia, 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. 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. En la actualidad, todo proyecto que pretenda tener en cuenta la complejidad global de la tecnociencia ha de partir de concepciones capaces de integrar todas sus dimensiones simbólicas, sociales, materiales y ambientales. Para ello, hay que dejar atrás las antiguas y las modernas concepciones divisorias de la ciencia, la tecnología y la cultura en la dirección a un enfoque cultural integrador de las mismas.

## **I. Ciencia, tecnología y cultura**

Las grandes divisiones de ciencia, tecnología y cultura tienen su origen en tradiciones filosóficas de la antigua Grecia que se han transmitido hasta sus versiones modernas. Sin embargo, a partir de las tradiciones orales griegas más originarias aparece una concepción integrada de la cultura que, de alguna forma, arraiga en las ciencias sociales modernas y ha servido de base para la integración de ciencia, tecnología y cultura.

### **En el origen de las grandes divisiones**

Las divisiones entre ciencia, tecnología y cultura, más que separaciones en la práctica, son fundamentalmente delimitaciones interpretativas que se remontan a doctrinas filosóficas fraguadas originariamente en la Grecia del siglo –IV. Se trata de interpretaciones derivadas de una emergente concepción del saber propia de las culturas *alfabéticas* griegas<sup>2</sup>, contrapuesta a las concepciones de las culturas *orales* que entendían el saber como capacidades técnicas. En este contexto, Platón trazó ya en su interpretación filosófica expuesta en *Philebo* (55d-58b) las grandes divisiones jerarquizadas entre las diversas capacidades y realizaciones humanas que anteriormente se habían enmarcado en una concepción integrada de la cultura. La división filosófica fundamental se estableció entre i)

las técnicas productivas, manuales y materiales y ii) los conocimientos y capacidades pertenecientes a “la educación y la formación”, asociando íntimamente éstas últimas con el discurso filosófico, las interpretaciones, los valores, etc. Es decir, con lo que posteriormente se caracterizaría como *cultura*, en un sentido restringido.

Platón introdujo una división básica entre prácticas y procedimientos técnicos, a un lado, y ciencia (*episteme*) y cultura filosófica, al otro. De acuerdo con su filosofía, había que separar cognitiva, ética y políticamente, por ejemplo, los procedimientos ordinarios de la aritmética, la medida y el peso usados en la construcción y el comercio, de la geometría y la matemática teóricas, objeto de la filosofía. A estas últimas se las consideraba disciplinas intrínsecamente superiores y mucho más puras y seguras que la matemática técnica ordinaria. En el rango más alto de la estratificación cultural platónica se situaba, obviamente, la dialéctica, o sea, el discurso filosófico mismo.

En esta misma línea, Aristóteles interpretó las capacidades técnicas materiales bien como mera *empeiria* o saber primario de tipo inferior (más propio de las culturas orales no alfabetizadas) o bien, a lo sumo, como un conocimiento contingente o *doxa*. Pero éstas nunca podían alcanzar la categoría, de orden superior, del conocimiento teórico (surgido con el alfabeto), necesariamente verdadero e inmutable, que constituía la *episteme* o conocimiento científico. La técnica representaba, en el mejor de los casos, sólo una aplicación subordinada de *episteme*. Otra división fundamental en el sistema aristotélico fue la que separaba tajantemente *praxis* y *poiesis*. La primera correspondía a las actividades no productivas (como las discursivas, filosóficas, políticas, etc.) mientras que la segunda se identificaba con la producción de objetos materiales. Obviamente, eran las primeras las que representaban las capacidades *culturales* superiores propias del hombre libre, muy por encima de las técnicas artesanales, consideradas serviles (EN 1140 a).

### **Las divisiones filosóficas modernas**

Dando un gran salto histórico hasta lo que ha sido el siglo XX, es obvio que han evolucionado mucho los referentes de lo que se entiende por cultura, ciencia o tecnología. Pero también se puede constatar que las correspondientes divisiones teóricas procedentes de la filosofía antigua se han mantenido bastante invariables, tanto en el lenguaje corriente y de los medios de comunicación como en terminologías especializadas. Las antiguas concepciones han viajado desde la Antigüedad a través de las tradiciones filosóficas y permanecen vigentes en diferentes disciplinas a pesar de sus adaptaciones a los cambios históricos.

Dentro de la actual filosofía de la tecnología, encontramos una de las más fieles versiones de las antiguas divisiones esencialistas entre ciencia, técnica y cultura en la denominada filosofía *humanística* de la tecnología<sup>3</sup>. Esta filosofía identifica la tecnología moderna con el ámbito de la producción y uso de artefactos materiales, que incluye tanto los

procedimientos, métodos y procesos implicados como los artefactos mismos. Frente a todos estos se sitúa la *cultura*, es decir, el campo de las actividades y realizaciones humanas de carácter intelectual, filosófico, artístico, moral, religioso, etc. Siguiendo a Heidegger, uno de los grandes inspiradores de las corrientes filosóficas portadoras de las viejas separaciones interpretativas y valorativas entre el mundo *humano* de la cultura y el mundo *no humano* de la tecnología, se nos advierte que el desarrollo de la tecnología moderna va en contra de las grandes consecuciones culturales y pone en peligro los valores humanos superiores e incluso la misma esencia del hombre.

En el campo de la moderna filosofía de la ciencia no se ha desarrollado la tecnofobia filosófica tradicional. Muy al contrario, se defiende que el desarrollo tecnológico no sólo no representa ningún peligro para la cultura, sino que es, más bien, la clave del progreso humano<sup>4</sup>. No obstante esta valoración positiva de la ciencia y la tecnología modernas, la filosofía analítica de la ciencia transmitió y adaptó al siglo XX la antigua separación filosófica entre ambas. La ciencia es equiparó, fundamentalmente, con sistemas teóricos y conceptuales centrados en enunciados nomológicos que se denominaban leyes científicas. Se trataba, según esta filosofía, de una empresa intelectual de investigación teórica que debía deslindarse claramente de la tecnología, la cual se identificaba con normas de acción práctica que indicaban cómo se debía proceder para conseguir un fin determinado basándose en leyes científicas<sup>5</sup>. Esta definición de la tecnología como ciencia aplicada resucitaba la vieja caracterización aristotélica según la cual la técnica estaba supeditada a un *logos* verdadero. El conocimiento científico se elevó a un pedestal filosófico en nombre de la soberanía epistemológica, la objetividad, la racionalidad y la neutralidad asignadas a la ciencia, que se colocaba muy por encima de la contingencia atribuida a los saberes ateóricos, las prácticas tradicionales o las capacidades y realizaciones técnicas, y que iba, por descontado, mucho más allá de la relatividad de las interpretaciones, valoraciones y cosmovisiones culturales.

Las versiones modernas de las divisiones filosóficas no sólo se elaboraron en el contexto de la filosofía sino también en el de disciplinas culturales y sociales, como en el caso de la confrontación franco-germana de finales del siglo XIX con relación a los conceptos de *civilización* y *cultura*. Según estas distinciones, habría 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. Durante el mismo siglo XX, *tecnología* y *cultura* han continuado siendo dos términos en general distanciados y con frecuencia opuestos, en los que se han basado campos de investigación resistentes a entrecruzarse<sup>6</sup>.

## La concepción integrada de la cultura

Sin embargo, las concepciones divisorias de ciencia, tecnología y cultura no constituyen la única tradición interpretativa ni, mucho menos, la más originaria. En los más antiguos testimonios escritos de las tradiciones orales griegas, las obras de Homero, se anuncia ya una interpretación integrada muy diferente. Para Homero como para Hesiodo, autor éste último de la primera versión del mito de Prometeo, las formas de vida, las realizaciones y las capacidades característicamente humanas tienen su origen en técnicas donadas por los dioses. El paso de un estadio primitivo en el que los hombres vivían de modo parecido al de los animales a formas de vida propiamente humanas se debió a que los humanos supieron apropiarse las capacidades técnicas contenidas en las “espléndidas obras” que les transmitieron Hefesto y Atenea. En este contexto, “el hombre se define como un ser que se distingue, fundamentalmente, de los animales por su dominio de la técnica”<sup>7</sup>.

La concepción de la cultura como un sistema integrado de técnicas no se encuentra sólo en Homero, sino también en otros importantes autores griegos del siglo-VI y -V. Al igual que Homero, Solón, Píndaro o Sófocles consideraron como *technai* tanto la música y la medicina como la adivinación y la poesía, y asociaron el ejercicio de la técnicas con sabiduría (*sophia*). Para Homero *techné* significaba formas de actuación que implican habilidad y destreza y la sabiduría radicaba en la “perfección de la técnica”. Esta perfecta destreza técnica es precisamente la que distingue, en la *Odisea*, a la cultura de los griegos frente al primitivismo de los cíclopes.

En *Prometeo encadenado* [440-505], Esquilo retoma el antiguo mito para replantear el tema del origen de la cultura humana, que permite a los hombres liberarse de sus condiciones originarias de vida. Pero este replanteamiento no se hace en el contexto de una cultura campesina, como en el caso de Hesiodo, sino en el de las brillantes culturas urbanas de la Grecia del siglo -V, tales como la de Atenas, en las que se atribuía una gran importancia al desarrollo de las técnicas. En la tragedia de Esquilo, Prometeo refiere como, por propia iniciativa filantrópica, robó el fuego de los dioses y se lo entregó a los hombres para liberarlos de su miserable estado de indefensión. A partir del fuego, “padre y maestro de todas las técnicas”, se desarrollaron de una forma integrada todas las capacidades técnicas que caracterizan la cultura humana, haciéndola despegar así del estadio de las formas de vida propias de los animales.

En su impresionante relato sobre el origen de la cultura humana, Esquilo deja claro el paso decisivo de un periodo originario de vida animal, plagado de ignorancias, carencias y penalidades, al estado cultural de su época, que valora muy positivamente. La diferencia entre ambos consiste, precisamente, en el desarrollo de los diversos tipos de técnicas. En el listado de las mismas queda patente la concepción integrada de la cultura, constituida por una gran variedad de “recursos y habilidades” complementarios, sin contraposiciones ni desigualdades.

La lista de Prometeo incluye tanto la astronomía, la matemática o la escritura como la construcción de navíos, el uso de los arreos para animales de tiro o la metalurgia. Es decir, tanto las capacidades intelectuales como las de construcción y uso de artefactos materiales. Todas ellas denominadas unitariamente *technai*, sin que se señale ningún tipo de oposición entre ciencia y técnica<sup>8</sup>. La medicina, la farmacopea y la anticipación adivinatoria, dirigidas a curar enfermedades y prevenir peligros, completan la serie de las técnicas de las que gozan los hombres por obra de Prometeo. En su conjunto, forman un entramado armónico de cultura material, cultura simbólica y biocultura que transformaron a los hombres “de niños que eran” en “seres juiciosos, dotados de inteligencia”.

Pero, tal y como se desprende del temprano diálogo platónico que lleva su nombre, fue Protágoras quien culminó la antigua interpretación integrada de la cultura, al incluir en la misma las técnicas políticas y retóricas relativas a la organización de las ciudades y al derecho [Protágoras 321c-322d]. La acción del diálogo entre Protágoras y Sócrates se sitúa entorno al -431. El primero defiende su tesis de que la política es una técnica necesaria para la subsistencia de las ciudades, es decir, una capacidad cultural que puede enseñarse y aprenderse y, por tanto, es transmisible y generalizable a todos los ciudadanos. En su defensa, Protágoras ofrece una versión filosófica del mito de Prometeo en la que da una explicación genealógica del origen de la cultura. Según ésta, las técnicas que constituyen la cultura humana no son obra de los dioses sino el resultado de la creatividad cultural de los propios hombres, una vez que Prometeo les ha facilitado la “sabiduría técnica”. Ahora bien, Protágoras incorpora un tercer estadio a su teoría sobre el desarrollo de la cultura. La posesión de técnicas simbólicas, como el lenguaje o la religión, de técnicas materiales, como la construcción de habitáculos y prendas de abrigo, y de biotécnicas para cultivar alimentos, no es suficiente para desarrollar una cultura específicamente humana. También son necesarias técnicas políticas para fundar ciudades y asegurar su supervivencia. Según Protágoras, no sólo la política constituye una técnica, sino que la misma justicia y el pudor, como condiciones de la posibilidad de la organización política, se consideran capacidades técnicas. Es decir, capacidades todas que pueden ser transmitidas, adquiridas y generalizadas entre todos los ciudadanos y, por tanto, capaces de generar la cultura de gobierno democrático, que es la que él defiende.

En la Grecia del siglo -V existió, pues, una “coincidencia fundamental”<sup>9</sup> entre la literatura y la filosofía sobre la concepción integrada de la cultura como múltiple diversidad de técnicas y de las técnicas como todo tipo de prácticas inteligentes capaces de ser enseñadas, aprendidas y ejercidas sistemáticamente. Las correspondientes interpretaciones del origen de la cultura humana implicaban, claramente, una valoración positiva de las innovaciones técnicas, sociales y políticas de aquella época, y constituían una legitimación de las formas de gobierno democrático de las ciudades. En oposición a todo esto, surgieron en el siglo -IV las conainterpretaciones de Platón y Aristóteles, que promovían una gran ruptura con las concepciones filosóficas y literarias provenientes de las antiguas tradiciones orales<sup>10</sup>.

Pese a ello, la tradición interpretativa originaria de la cultura permaneció viva y la podemos encontrar hasta en el siglo I expresada de una forma magnífica en el gran poema filosófico *De rerum natura* de Lucrecio<sup>11</sup>.

### **Concepciones modernas de la cultura**

Situándonos de nuevo en el ámbito del siglo XX, reencontramos las concepciones integradas de cultura arraigadas en el campo de las ciencias sociales. En su obra *Primitive Culture* (1871) E. B. Tylor, uno de los fundadores de la moderna antropología, par te de una 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>12</sup>. En la antropología actual, es corriente que se entienda por cultura “el estilo de vida total” que incluye todos “los modos pautados y recurrentes de pensar, sentir y actuar”<sup>13</sup> o, dicho de otra forma, “el sistema integrado” que incluye tanto “patrones aprendidos de comportamiento” como “objetos materiales”<sup>14</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>5</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>16</sup>. En la misma sociología, 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>17</sup>.

Para las corrientes más recientes de los estudios culturales, las divisiones tradicionales entre ciencia, tecnología y cultura están fuera de juego, pues la demarcación de las mismas como sistemas cerrados de objetos puros que se van delimitando mutuamente se ha evaporado definitivamente. 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>18</sup>. En general, 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 maquinico y lo llamado natural”.<sup>19</sup> Pero 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>20</sup> formando una inmensa complejidad.

## La integración cultural en los estudios de ciencia y tecnología

En la filosofía moderna hay que destacar a Ludwig 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>21</sup> y una práctica<sup>22</sup>. Toda práctica de jugar un juego consiste en seguir una *técnica* determinada, o sea, en “actuar de acuerdo con ciertas reglas”<sup>23</sup>. Así pues, “comprender un lenguaje significa dominar una técnica”<sup>24</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>25</sup>. La matemática representa, asimismo, un “juego de signos”<sup>26</sup> y, por tanto, también una técnica, “la técnica de la transformación de signos”<sup>27</sup>. La lógica misma representa “la técnica del pensar” y muestra “lo que es el pensar, y también modos de pensar”<sup>28</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>29</sup> que se aprenden ejercitando la propia práctica “mediante imitación, estímulo y corrección”<sup>30</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>31</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>32</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>33</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>34</sup>. Ya que “imaginar un lenguaje significa imaginar una forma de vida”<sup>35</sup> y “el lenguaje se refiere a un *modo* de vida”<sup>36</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>37</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>38</sup> “lo que convierte al juego de signos en matemática”<sup>39</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>40</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>41</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. Así, Langdon Winner se remite a Wittgenstein para desarrollar la concepción de “las tecnologías como formas de vida”<sup>42</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>43</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>44</sup>.

Sin embargo, es la filosofía constructiva de la ciencia la que ocupa un lugar pionero en el estudio sistemático del carácter operativo y cultural de la ciencia. Esta filosofía, inspirada originariamente en los trabajos de Hugo Dingler, se empezó a desarrollar a partir de los años sesenta en Alemania. Paul Lorenzen fue su principal impulsor y su obra ha dado lugar a la importante corriente de constructivismo filosófico<sup>45</sup> que anticipó en más de un decenio las ideas constructivas y culturales en los estudios 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>46</sup>. Esta idea formaba parte de un giro pragmático en la filosofía de la ciencia:

En 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>47</sup>.

Pero el enfoque de la integración cultural más 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>48</sup>. Este mismo enfoque cultural ha marcado los últimos desarrollos en los actuales estudios de ciencia y tecnología que Andrew Pickering caracteriza como el paso de la ciencia como conocimiento a la ciencia como práctica y cultura.

Según Pickering, este 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>49</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>50</sup>.

Con todo y estos significativos enfoques culturales generales, que se enmarcan claramente en una concepción integrada de la cultura, hace falta plantear un marco conceptual y teórico capaz de articular rigurosamente el tratamiento metódico de las tecnociencias contemporáneas como prácticas y culturas.

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

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, como ya se ha dicho, 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 reproducirse 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, valoraciones, 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>51</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>52</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>53</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>54</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 *entorno*  $(m, s, o, b)$ . 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>55</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* 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 conexonadas 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 *tecno-científico*, 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 tecno-científica*, 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 que 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 renovación 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>56</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 la 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>57</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>58</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>59</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>60</sup>. En la época del Proyecto Genoma Humano se puede hablar de la naturaleza como de "un

*objeto manufacturado*<sup>61</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>62</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>63</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>64</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>65</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 físico-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>66</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 compite 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>67</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 transplante 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 incommensurable 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>68</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>69</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>70</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>71</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.



## Referencias bibliográficas

- ARONOWITZ, S., MARTINSONS, B. y MENSER, M. (Eds.) (1998), *Tecnociencia y cibercultura: la interrelación entre cultura, tecnología y ciencia*. Barcelona: Paidós.
- BAKER, G. P. y HACKER, P. M. S. (1985), *Wittgenstein: Rules, Grammar and Necessity*. Oxford: Blackwell.
- BECK, U. (1986), *Risikogesellschaft. Auf dem Weg in eine andere Moderne*. Frankfurt am Main, Suhrkamp.
- BECK, U. (2002), *La sociedad del riesgo global*. Madrid: siglo XXI.
- BLOOR, D. (1983), *Wittgenstein: A Social Theory of Knowledge*. London: Macmillan.
- BÖHME, G. (1990), "Die Natur im Zeitalter ihrer technischen Reproduzierbarkeit", *Information Philosophie* 2, págs. 5-17.
- BUNGE, M. (1969), *La investigación científica: su estrategia y su filosofía*. Barcelona: Ariel.
- GIDDENS, A. (1991), *Sociología*. Madrid: Alianza
- GIDDENS, A. (1993), *Las consecuencias de la modernidad*, Madrid: Alianza.
- GIDDENS, A. (1995), *La constitución de la sociedad: bases para la teoría de la estructuración* Buenos Aires: Amorrortu.
- GLEICH, A. von (1991), "Über den Umgang mit Natur. Sanfte Chemie als wissenschaftliches, chemiepolitisches und regionalwirtschaftliches Konzept", *Wechselwirkung* 48, págs. 4-11.
- HARRIS, M. (1987), *Introducción a la antropología general*. Madrid: Alianza.
- HARTMANN, D. y JANICH, P. (1996), *Methodischer Kulturalismus*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- HAVELOCK, E.A. (1996), *La musa aprende a escribir. Reflexiones sobre oralidad y escritura desde la Antigüedad hasta el presente*. Barcelona: Paidós.
- HESS, D. J. (1995), *Science and Technology in a Multicultural World*. New York: Columbia University Press.
- HOEBEL, E. A. y WEAVER, T. (1985), *Antropología y experiencia humana*. Barcelona: Omega.
- KUHN, Th. S. (1977), *La tensión esencial*. México: FCE.
- LATOUR, B. (1983), "Give Me a Laboratory and I will Raise the World", en Knorr-Cetina, K.D. y Mulkay, M.J. (Eds.) *Science Observed: Perspectives on the Social Study of Science*, London/Beverly Hills: Sage.
- LATOUR, B. (1993), *Nunca hemos sido modernos* Madrid: Debate.
- LATOUR, B. (1994), "On Technical Mediation - Philosophy, Sociology, Genealogy", *Common Knowledge*, 3, 2, págs. 29-63.
- LORENZEN, P. (1978), *Theorie der technischen und politischen Vernunft*. Stuttgart: Reclam.
- LORENZEN, P. (1986), "Das technische Fundament der Geometrie", en Burrichter, C., Inhetveen, R. y Kötter, R. (Eds.) *Technische Rationalität und rationale Heuristik*. München: Schöningh.
- MEDINA, M. (1995), "Tecnología y filosofía: más allá de los prejuicios epistemológicos y humanistas", *Isegoría*, 12, págs. 180-196.
- MEDINA, M. (1999), "Ciencia, tecnología y cultura. Bases para un desarrollo compatible", *Ludus Vitalis*, VII, 11, págs. 177-192.
- MEDINA, M. (2000) "Ciencia-tecnología-cultura del siglo XX al XXI", en Medina, M. y Kwiatkowska, T. (Eds.), *Ciencia, tecnología / naturaleza, cultura en el siglo XXI*. Barcelona: Anthropos.
- MENSER, M. y ARONOWITZ, S. (1998), "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.
- MITCHAM, C. (1994), *Thinking through Technology: The Path between Engineering and Philosophy*. Chicago: University of Chicago Press.

- PICKERING, A. (1992), "From Science as Knowledge to Science as Practice", en Pickering, A. (ed.), *Science as Practice and Culture*. Chicago: The University of Chicago Press.
- PICKERING, A. (1995), *The Mangle of Practice: Time, Agency & Science*. Chicago: The University of Chicago Press.
- PLANT, S. (1996), "The virtual complexity of culture", en Robertson, G. et al. (Eds.), *Future Natural. Nature, science, culture*. London/New York, Routledge.
- ROUSE, I. (1973), *Introducción a la prehistoria: un enfoque sistemático*. Barcelona: Bellaterra.
- SANMARTÍN, J. (1997), *Los nuevos redentores. Reflexiones sobre la ingeniería genética, la sociobiología y el mundo feliz que nos promete*. Barcelona: Anthropos.
- SANTOS, M. J. y DÍAZ, R. (en prensa), "Poder, tecnología y cultura".
- SCHNEIDER, H. (1986), *Das griechische Technikverständnis: Von den Epen Homers bis zu den Anfängen der technologischen Fachliteratur*. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- VERNANT, J. P. (1983), *Mito y pensamiento en la Grecia antigua* Barcelona: Ariel.
- WEIZSÄCKER, C.F. von (1974), *Die Einheit der Natur*. München: dtv.
- WINNNER, L. (1987), *La ballena y el reactor*. Barcelona: Gedisa.
- WITTGENSTEIN, L. (1967), *Philosophische Untersuchungen*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- WITTGENSTEIN, L. (1984), *Bemerkungen über die Grundlagen der Mathematik* Frankfurt am Main: Suhrkamp.

---

#### NOTAS

- <sup>1</sup> Medina, 2000.
- <sup>2</sup> Havelock.
- <sup>3</sup> Mitcham.
- <sup>4</sup> Bunge.
- <sup>5</sup> *Ibid.*
- <sup>6</sup> Santos y Díaz.
- <sup>7</sup> Schneider, pág. 94.
- <sup>8</sup> Vernant, pág. 250.
- <sup>9</sup> Schneider, pág. 102.
- <sup>10</sup> Havelock.
- <sup>11</sup> Para una exposición más detallada de la concepción integrada de cultura en la Antigüedad, véase Medina, *op. cit.*
- <sup>12</sup> Subrayados del autor.
- <sup>13</sup> Harris, pág. 123.
- <sup>14</sup> Hoebel y Weaver, pág. 269.
- <sup>15</sup> *Ibid.*, pág. 303.
- <sup>16</sup> Rouse, pág. 255.
- <sup>17</sup> Giddens, 1991, pág. 65. Subrayado en el original.
- <sup>18</sup> Menser y Aronowitz, pág. 24.
- <sup>19</sup> Plant, pág. 214.
- <sup>20</sup> *Ibid.*
- <sup>21</sup> PhU §38. PhU es la abreviatura de *Philosophische Untersuchungen (Investigaciones filosóficas)*. Las traducciones son del autor.
- <sup>22</sup> BGM VI, §34. BGM es la abreviatura de *Bemerkungen über die Grundlagen der Mathematik (Observaciones sobre los fundamentos de la matemática)*. Las traducciones son del autor.

- <sup>23</sup> BGM V, §1.
- <sup>24</sup> PhU §199.
- <sup>25</sup> BGM VI, §41.
- <sup>26</sup> BGM V, §2.
- <sup>27</sup> BGM IV, 18.
- <sup>28</sup> BGM I, §133.
- <sup>29</sup> Baker y Hacker, 1985, pág. 154 ss.
- <sup>30</sup> BGM VII, §24.
- <sup>31</sup> BGM III, §67.
- <sup>32</sup> BGM VII, §9.
- <sup>33</sup> BGM VI, §45.
- <sup>34</sup> PhU, §23.
- <sup>35</sup> PhU, §19.
- <sup>36</sup> BGM VI, §34.
- <sup>37</sup> PhU, §199; BGM, VI, §43.
- <sup>38</sup> BGM VII, §24.
- <sup>39</sup> BGM, V, §2.
- <sup>40</sup> BGM IV, §35.
- <sup>41</sup> BGM VII, §39.
- <sup>42</sup> Winner, pág. 19 ss.
- <sup>43</sup> Bloor, pág. 2.
- <sup>44</sup> Kuhn, pág. 143.
- <sup>45</sup> Forman parte de la misma, entre otros, Peter Janich, Jürgen Mittelstrass, Kuno Lorenz, Christian Thiel, Holm Tetens y Rüdiger Inhetveen. Véase Medina, 1995.
- <sup>46</sup> Lorenzen, 1978, pág. 153.
- <sup>47</sup> P. Lorenzen, 1986, pág. 18.
- <sup>48</sup> Hartmann y Janich, pág. 68.
- <sup>49</sup> Pickering, 1992, pág. 2.
- <sup>50</sup> Pickering, 1995, pág. 3.
- <sup>51</sup> Generalmente se acostumbra a identificar los entornos materiales con la “técnica” o la “tecnología”, dando a estos términos un sentido restringido.
- <sup>52</sup> Los entornos simbólicos son equiparables, por lo general, con la “cultura”, en una concepción muy restringida de la misma.
- <sup>53</sup> Los entornos organizativos corresponden al complejo de técnicas, artefactos e instituciones de organización e interacción que comúnmente recibe el nombre de “sociedad”.
- <sup>54</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>55</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>56</sup> Aronowitz, Martinsons, y Menser; Hess.
- <sup>57</sup> Hess, págs. 106 ss.
- <sup>58</sup> Latour, 1993, pág. 11.
- <sup>59</sup> Menser, M. y Aronowitz, S., *op. cit.*, pág. 25.
- <sup>60</sup> *Ibid.*
- <sup>61</sup> Hess, pág. 111.
- <sup>62</sup> Latour, *op. cit.*, pág. 118.
- <sup>63</sup> *Ibid.*
- <sup>64</sup> Gleich.
- <sup>65</sup> Afirmación del reconocido físico alemán Carl Friedrich von Weizsäcker. Cf. Weizsäcker.
- <sup>66</sup> Sanmartín.

<sup>67</sup> Böhme.

<sup>68</sup> Latour, 1983.

<sup>69</sup> Como es evidente, por ejemplo, en el caso de la producción de síntesis química. Cf. Gleich.

<sup>70</sup> Véase Beck, 1986 y 2002; Giddens 1993.

<sup>71</sup> Medina, 1999.