

TECNOCIENCIA

Manuel Medina

Universidad de Barcelona

<http://ctcs.fsf.ub/prometheus/index.htm>

El término *tecnociencia* que designa el complejo entramado de la ciencia y la tecnología contemporáneas tiene una carga conceptual especial. No sólo indica que con el paso de la ciencia académica a la ciencia gubernamental e industrial, sobre todo en el siglo XX, ciencia y tecnología han llegado a ser prácticamente inseparables en la realidad. También señala una nueva imagen de la ciencia y la tecnología que los actuales estudios de ciencia y tecnología han ido destacando frente a las concepciones tradicionales¹. Una de las ideas características es que la ciencia no se puede reducir a los científicos ni la tecnología a los tecnólogos, sino que ambas forman parte de complejas redes junto con otros agentes y entornos simbólicos, materiales, sociales, económicos, políticos y ambientales.

Las complejas interacciones entre ciencia, tecnología, sociedad y naturaleza forman una unidad de hecho inseparable y un tupido entramado que sólo pueden abordarse en el marco de estudios globales. El presente trabajo parte de la comprensión y el análisis *tecnográfico* que integra todas esas dimensiones de la ciencia como coordenadas de la misma en un espacio *tecno-cultural* global. Se podría pensar que el actual entramado de ciencia, tecnología, sociedad y naturaleza que constituye el núcleo de lo que se llama tecnociencia es exclusivo de nuestra época, pero lo cierto es que ha existido con diferentes formas a lo largo de las tradiciones científicas. Su configuración actual es el resultado de tradiciones culturales que hay que reconstruir históricamente, si se quiere comprender y valorar las innovaciones tecnocientíficas características de nuestro tiempo junto con las decisivas transformaciones económicas, sociales, culturales y ambientales que estas están operando a escala mundial a fin de poder intervenir efectivamente en las mismas.

Tradiciones técnicas y escriturales

El modo originario del conocimiento es el *saber operativo*, es decir, el *saber cómo* proceder. Entendiendo “técnica” como procedimientos o esquemas operativos, podemos decir que la forma fundamental del conocimiento es el dominio de técnicas. Ya

en el Paleolítico, el hombre inventa y perfecciona una técnica que puede ejercer con sus propios órganos y le permite despegar del ámbito técnico puramente animal, el lenguaje. Esta técnica simbólica es decisiva para la transmisión humana de los conocimientos operativos, pues posibilita la representación simbólica del saber y la sistematización de operaciones. Pero, quizás, el logro más importante del hombre prehistórico sea la emergencia de la propia cultura humana. Es decir, una modalidad técnica característicamente humana consistente en el diseño y el uso consciente de artefactos y técnicas dirigidas a realizar determinadas tareas. La técnica de elaborar técnicas, que constituye la base de la cultura de los hombres.

Una nueva forma de representación simbólica se hace posible con la invención de la escritura en el seno de las grandes culturas orientales antiguas. La escritura encabeza una revolución en el dominio de las *técnicas simbólicas*, en la que juegan un importante papel las culturas de la antigua Mesopotamia. En la Edad de Bronce las *técnicas materiales*, es decir, las técnicas *duras* relacionadas con la fabricación y modelación de objetos, el empleo de artefactos materiales y la obtención y transformación de sustancias experimentan grandes avances, gracias a la especialización artesanal en las grandes concentraciones urbanas. Pero tanto o más remarcable, es el desarrollo de nuevas *técnicas organizativas* que se ponen de manifiesto en la aparición de populosas ciudades, de los grandes ejércitos de trabajadores y guerreros y de los vastos imperios, gobernados por un monarca de forma autoritaria y centralizada.

Con las nuevas formas de organización social, política y económica surge un nuevo tipo de especialista, los funcionarios o sacerdotes al servicio real, encargados de dominar la creciente complejidad de la producción, la administración y el gobierno. Para este fin, los nuevos funcionarios revolucionan las técnicas *blandas* o procedimientos predominantemente operativos, que pueden ejercerse con los solos órganos y facultades propios y en los que se opera fundamentalmente con artefactos simbólicos. Las nuevas técnicas simbólicas están destinadas al registro y control de datos, a la medición y cálculo, y, en general, al procesamiento y anticipación de la información.

En este nuevo dominio de saber operativo alcanzan un sorprendente desarrollo las *técnicas metrológicas* básicas. En el cómputo de objetos, que se remonta al Paleolítico, se introduce la numeración convencional y la notación posicional, así como tablas y algoritmos de cálculo. Se desarrollan la geometría o medida de longitud, área y volumen, la hilometría o medida de masa, tanto geométrica (por volumen), como mecánica (con la ayuda de balanzas) y la cronometría astronómica (mediante calendarios y relojes de sol) y mecánica (con el empleo de relojes de agua).

En el dominio de las técnicas duras, ejercidas por la clases dominadas de los artesanos, no se dan representaciones ni sistematizaciones simbólicas de las mismas,

debido al monopolio funcional de las técnicas blandas. El aprendizaje y la transmisión son directos e intuitivos, y se realizan a través de la participación operativa y de la comunicación personal. En el marco de las técnicas blandas, en cambio, surge una nueva forma de representar sistemáticamente y de transmitir el saber operativo. Su formulación simbólica consiste en enunciados operativos, instrucciones y algoritmos dirigidos a realizar una determinada tarea.

El saber geométrico, p. ej., se fija y transmite mediante tratados consistentes en el planteamiento y la resolución operativa de problemas que se formulan en términos concretos de situaciones y objetos de la práctica corriente. No aparecen enunciados asertorios ni principios generales, como tampoco se plantea la necesidad de probar los sistemas de reglas y procedimientos. Más bien, se da por supuesto que funcionan y su comprobación consistiría, en todo caso, en la aplicación de los mismos.

Desde que los hombres desarrollaron su capacidad técnica más específica, el lenguaje, cada cultura humana ha representado, interpretado y legitimado de alguna forma lingüística el entramado de sus sistemas técnicos y su organización social como una parte fundamental de su cosmovisión. Las concepciones sobre el origen, la estructuración y el destino de la naturaleza y de la sociedad características de una cultura están estrechamente relacionadas con las innovaciones técnicas que configuran las formas de interacción con el entorno y de organización social dominantes en la misma.

Las interrelaciones entre las innovaciones técnicas, las cosmovisiones y la política son ya claramente constatables en las grandes culturas orientales antiguas. En el origen de estas últimas se encuentra la transformación revolucionaria de las técnicas agrícolas con la invención del arado y de las técnicas de representación simbólica mediante la introducción de la escritura por los funcionarios reales, hace más de cinco mil años. Estas innovaciones acompañaron e hicieron posible la revolución trascendental de las formas de organización social y política que dio paso a las grandes ciudades, las sociedades clasistas y lo y los inmensos imperios centralizados.

Entre las grandes cosmologías míticas de esta época tienen una especial relevancia las pertenecientes a la antigua cultura babilónica por su incidencia en las cosmovisiones occidentales a través de su gran influjo en la mitología griega y judeocristiana. Se trata fundamentalmente de una cosmovisión jerárquica y hegemónica que sublima y legitima el incipiente orden de la organización estatal y el expansionismo del poder real. El orden de la naturaleza, al igual que el de la sociedad, les viene impuesto tanto a los astros y a los dioses de las ciudades sometidas como a los hombres por una voluntad suprahumana personalizada en el dios protector. La ordenación divina es la fuente de legitimación de las formas de organización social y de producción técnica que sustentan el poder absoluto del monarca.

Tradiciones teóricas y tecnológicas antiguas

Con los antiguos jonios aparece claramente una nueva forma de representar lingüísticamente el saber operativo, la *presentación teórica*. En la filosofía jonia se pueden detectar claramente prototeorizaciones de técnicas de metalúrgicas, ópticas, mecánicas y neumáticas, así como de organización social. Pero donde no cabe duda que nos encontramos ante una nueva formulación del saber que da el paso de la *techne* a la *theoria*, es ante los primeros enunciados teóricos de la geometría griega, atribuidos a Tales de Mileto:

—*El círculo queda dividido en dos partes iguales por cada uno de sus diámetros.*

—*Ángulos opuestos por el vértice son iguales.*

—*Los ángulos de la base de un triángulo isósceles son iguales.*

—*Las diagonales de un rectángulo son iguales y se cortan mutuamente por la mitad.*

—*Los ángulos periféricos inscritos en un semicírculo son rectos.*

Las reglas y procedimientos de configuración, medida y cálculo de la geometría operativa se han transformado en *enunciados asertorios generales*, independientes de situaciones determinadas y aparentemente desprovistos de toda finalidad, que describen propiedades y relaciones de *objetos abstractos* ajenos a la práctica.

Esta nueva forma de presentar la geometría tiene, desde sus mismos orígenes, otra característica, la idea de *probar* los enunciados. Según la tradición, Tales se planteó ya la prueba de los enunciados geométricos. En estos primeros estadios de la geometría teórica, los procedimientos de prueba tienen un claro carácter operativo, emparentado con las técnicas de configuración geométrica. Así, p. ej., mediante la superposición de dos figuras que coinciden se prueba que éstas son iguales.

El modo de prueba característicamente teórico, la prueba de enunciados a partir de otros enunciados aparece ya en Hipócrates de Quíos, autor de un tratado de geometría teórica con el título de *Elementos*. A la idea y la forma de probar enunciados a partir de otros enunciados contribuyen, de forma muy importante, los propulsores de otra modalidad de la incipiente tradición teórica, la teorización filosófica. Los filósofos eleáticos dan un giro monológico a las técnicas dialógicas de discusión con las que se resolvían los conflictos en las asambleas y los juicios públicos de la democracia griega. El discurso se presenta como una sucesión de enunciados teóricos o argumentación, que demuestra la verdad de la proposición sostenida. En consecuencia, ésta ha de ser aceptada por cualquier oponente. En las argumentaciones eleáticas cristalizan ya las reglas y los principios de la lógica clásica (como el *tercio excluso*), así como una forma

de probar enunciados eminentemente teórica: la prueba indirecta o por reducción al absurdo, que jugará un importante papel en la geometría teórica.

La geometría griega se perfila cada vez más como una *teoría*, es decir, como un sistema de enunciados estructurados según determinadas relaciones lógicas y (con excepción de ciertos enunciados primeros o postulados) susceptibles de ser probados mediante inferencias a partir de los postulados o de los enunciados que, a su vez, han sido probados anteriormente. Las teorizaciones de la geometría servirán de modelo a Platón y Aristóteles para elaborar su concepción y filosofía de la ciencia como conocimiento teórico.

La teorización científica alcanza su primera cumbre y paradigma general con los *Elementos* de Euclides. Este sistematiza en su obra los conocimientos teóricos de la geometría antigua, presentándolos en forma de una rigurosa teoría axiomática. La presentación teórica de la geometría, sin embargo, tiende a encubrir el contenido operativo que los términos y enunciados teóricos, aparentemente ajenos a la acción, conceptualizan y sistematizan.

La antigua geometría operativa de las culturas orientales desarrolló sofisticados procedimientos de configuración medición y cálculo para la determinación de distancias, superficies y volúmenes. Su dominio está constituido por realizaciones técnicas modeladas o configuradas homogéneamente, tales como objetos, construcciones y delimitaciones espaciales. Las formas homogéneas son técnicamente reproducibles en objetos al disponer de técnicas de configuración que conducen siempre a los mismos resultados. El procedimiento en cuestión realiza en los objetos configurados determinadas especificaciones de homogeneidad .

Las realizaciones técnicas satisfacen, según su finalidad, las especificaciones o exigencias de homogeneidad de un modo más o menos aproximado. En la geometría teórica, las técnicas de configuración homogénea, medida y cálculo se transforman en enunciados asertorios generales acerca de relaciones y propiedades de figuras geométricas. Estas representan conceptualmente una realización, técnicamente inalcanzable, que satisface las exigencias de homogeneidad de un modo absoluto e inmejorable .

La conceptualización teórica es la base de un discurso «ficticio» en el que se supone la existencia de objetos que poseen idealmente las propiedades objeto de realización técnica. El saber geométrico se presenta como teoría de las formas homogéneas fundamentales, conceptualizadas teóricamente en las definiciones y en los axiomas. La deducción de teoremas equivale a sacar las consecuencias de la realización ideal de los principios de homogeneidad, en forma de propiedades y relaciones de objetos teóricos. Tales teoremas constituyen la versión teórica de los algoritmos de la geometría operativa, como puede mostrarse, p. ej. en el caso del teorema 47 del libro I

de los *Elementos*, el llamado “teorema de Pitágoras”². En su versión teórica, los procedimientos de medición y cálculo se derivan lógicamente de las técnicas de configuración.

La teorización de la geometría fue fundamental para la teorización de las demás ciencias clásicas. A partir de ella se extiende la teorización científica a otros dominios técnicos, como la óptica y la mecánica. Las ciencias clásicas son el resultado de una teorización derivada, en cuanto que su conceptualización se realiza en términos teóricos geométricos. Así se establece en la ciencia el primado de la metrología geométrica, de la que se derivan los conceptos científicos basados en la medida del espacio.

La óptica y la mecánica estática clásicas proceden de la teorización de las correspondientes técnicas *duras*, dedicadas a la construcción y uso de artefactos, tales como espejos, balanzas, palancas etc. Para el funcionamiento de tales artefactos no sólo son relevantes las propiedades formales, sino también las propiedades materiales de los mismos. La capacidad de realizar formas homogéneas fue básica tanto para la antigua técnica óptica, como para la mecánica. En la fabricación de espejos, la realización de superficies planas fue determinante de la fidelidad de la imagen y para la precisión de las antiguas balanzas lo fue la construcción de brazos rectos exactamente simétricos.

Las propiedades materiales representan la realización de exigencias adicionales de homogeneidad, dadas determinadas propiedades inherentes al material. Las realizaciones técnicas satisfacen, en mayor o menor grado, las exigencias de homogeneidad formal y material características de un determinado artefacto. Sin embargo, la imperfección de las realizaciones técnicas antiguas no impidió que tanto la óptica como la mecánica clásica alcanzaran resultados precisos. Pues éstas, en último término, tratan de realizaciones ideales.

A partir del supuesto teórico de la satisfacción ideal de las propiedades formales y materiales, se derivan en la sistematización teórica teoremas que enuncian la realización óptima de la función correspondiente. En la teoría, las propiedades operativas de los instrumentos se derivan de sus propiedades formales y materiales, o sea, la función óptima de la construcción ideal³.

La fecundidad tecnológica de la ciencia antigua radica, precisamente, en la sistematización teórica de la relación entre las dos vertientes técnicas de la construcción y del uso. El tratamiento teórico permite derivar, asimismo, del supuesto de una función óptima para determinadas especificaciones, exigencias relativas a la realización ideal. Éstas pueden traducirse, vía diseño, en normas para el proceso técnico de la construcción. Los ingenieros alejandrinos, a caballo de la técnica y de la teoría, deben sus mejores logros a la capacidad de reoperativizar los desarrollos teóricos, con la que nace la *tecnología*⁴.

El alcance de la teorización científica clásica es, sin embargo, limitado. En el ámbito de la técnica mecánica, se reduce a la mecánica estática de sólidos y líquidos. Técnicas como la balística, la neumática o la automática—integrantes de una mecánica dinámica—permanecen sin conceptualización científica. No obstante, en el caso de la balística o técnica de las máquinas de tiro, los ingenieros alejandrinos dan el paso que conduce de la mecánica artesanal a los procedimientos operativos metódicos, numéricos y parateóricos propios de la técnica ingenieril.

El ensayo mecánico dirigido al perfeccionamiento de un artefacto concreto se transforma en un método experimental con variaciones y pruebas sistemáticas cuantitativamente controladas. Los resultados son analizados numéricamente con vistas a procedimientos operativos, que se plasman en forma de tablas o reglas de proporcionalidad. Tales procedimientos operativos mecánicos son el resultado de hacer extensivos los antiguos métodos babilónicos del ámbito de los cuerpos celestes incontrolables, al de los artefactos construibles.

Con la filosofía griega aparece a partir del siglo -VI un tipo de cosmovisión que llegará a ser característico de la cultura europea, la cosmología teórica. En ella, las personalidades singulares de los antiguos dioses son reemplazadas por elementos y entidades abstractas y en vez de acciones divinas encontramos principios teóricos. En consonancia con la supremacía de las actividades verbales y discursivas entre la comunidad ociosa de los filósofos, la naturaleza es tratada como un ente independiente que ha de ser objeto de contemplación pasiva y de representación teórica. Según los filósofos eleáticos, el *mundo verdadero* es simple y coherente, puede describirse de un modo uniforme y sólo es accesible como discurso teórico que ellos mismos venían de inventar y que no se cansan de ensalzar como la *razón* frente a la supuesta ignorancia e incompetencia del saber técnico tradicional. El individuo humano se concibe como un sujeto pasivo separado del mundo y el conocimiento técnico, característico de las culturas operativas, queda reducido a mero saber subjetivo. En contraposición a éste, las representaciones enunciativas fruto de la meditación teórica se presentan como *episteme* o ciencia.⁵

En las cosmovisiones teóricas de la filosofía antigua predomina la concepción orgánica de la naturaleza, cuya elaboración más acabada se debe a Aristóteles. La naturaleza o *physis* se define primariamente en contraposición a la técnica artesanal. Según esta concepción, un objeto natural posee en sí mismo el principio de su propio desarrollo y es todo lo opuesto a un producto de la técnica, que es el resultado de una actividad exterior al mismo. Consecuentemente, ningún conocimiento relacionado con la técnica puede considerarse como conocimiento de la naturaleza. Incluso la mecánica teórica queda marginada de la ciencia de la naturaleza o *física*.

Por muy obvia que pueda parecer la contraposición entre lo natural y lo técnico, está sesgada desde sus mismos inicios y constituye la base de la primera evaluación teórica de las innovaciones técnicas. De hecho, la concepción orgánica de la naturaleza se basa en extrapolaciones teóricas que priman un determinado tipo de técnicas, a saber, las biotécnicas propias de la agricultura tradicional, que se presentan como lo que podríamos llamar *técnicas naturales*. Por el contrario, las innovaciones técnicas artesanales quedan identificadas con la *técnica* opuesta esencialmente a la naturaleza. Sin embargo, la razón de esta discriminación cosmológica no es tanto de carácter teórico, como político. A la agricultura se le atribuye un lugar preeminente por encima de la producción artesanal por constituir la base del poder de la aristocracia terrateniente, a la que apoyan tanto Aristóteles como Platón. Las técnicas propias de los artesanos, en cambio, fundamentan y sostienen la democracia urbana, que es combatida por ambos filósofos. Sus concepciones y teorías sobre la naturaleza, la ciencia y la técnica tienen un marcado carácter antidemocrático y están dirigidas a legitimar un sistema político aristocrático que excluye a los artesanos de la participación política.⁶

La contraposición entre técnica y naturaleza corre paralela a la que se construye teóricamente entre la actividad productiva de los artesanos o *poiesis* y la *praxis* o actividades no productivas de las clases ociosas, entre las que destacan las teóricas. La *praxis* se presenta como la actividad del hombre libre, el cual es usuario y no produce nada. Para Aristóteles, la pertenencia al dominio de las técnicas productivas descalifica para la participación en el dominio político. La deliberación política es un asunto del discurso teórico para el que los artesanos están tanto epistemológica como prácticamente incapacitados. El conocimiento teórico acerca del *Bien del Hombre* constituye, en la filosofía aristotélica, el fundamento indispensable de toda actividad política. Su sistema político se basa, en resumidas cuentas, en la expertocracia teórica.⁷ A pesar de su gran diferencia formal, las cosmovisiones filosóficas coinciden con sus antecesoras míticas en la función de evaluar y legitimar las formas técnicas de producción y de organización social que sustentan un determinado poder político. En la cúspide de las sofisticadas elaboraciones teóricas reencontramos incluso al ordenador divino del que emana la organización jerárquica del mundo y de la sociedad.

Tradiciones científicas y tecnológicas modernas

En la Edad Media las cosmovisiones teóricas de los antiguos filósofos se fusionan con cosmovisiones de carácter mítico y religioso en una versión teológica de las mismas, dirigida a legitimar el poder secular y eclesiástico en base a su origen divino. Las reelaboraciones teológicas y filosóficas medievales de la antigua cosmología son

desbancadas por la nueva visión del mundo con la que en el siglo XVII se establece la ciencia moderna. Con la nueva concepción de la naturaleza, la mecánica ingenieril que se ha ido estableciendo como técnica dominante en el Renacimiento a partir de las importantes innovaciones de las técnicas medievales, alcanza el rango de *técnica natural*. Los nuevos filósofos-ingenieros, como Galileo y Descartes, combaten decididamente la separación entre el dominio de la naturaleza y el de la mecánica, y abogan por la equiparación de mecánica teórica y ciencia de la naturaleza. En contra de la tradicional concepción orgánica, la teoría de la naturaleza deviene finalmente una ciencia que asimila las técnicas *duras* propias de los artesanos y de los ingenieros. Los artefactos mecánicos no serán ya *contra natura* ni constituirán, como decía Aristóteles, un astuto engaño de la naturaleza en provecho propio, o sea, una *maquinación*, sino que, por el contrario, los dispositivos mecánicos pondrán de manifiesto las leyes naturales. Las leyes de los artefactos, es decir, las regularidades mecánicas, devienen leyes de la naturaleza.

El proceso de teorización de la mecánica dinámica, en especial de la balística ingenieril del Renacimiento, será uno de los desencadenantes de la ciencia moderna. Con los artistas-ingenieros renacentistas, que se han ido, poco a poco, segregando socialmente de la clase artesanal y han asimilado la ciencia y la técnica antiguas, la tradición técnica ingenieril vuelve a alcanzar un alto grado de desarrollo.

La mecánica de las máquinas de tiro había experimentado en la Edad Media importantes avances con la introducción del trabuco o catapulta de contrapeso y del cañón. Dada la importancia política de este dominio técnico, la artillería artesanal da paso a la ingeniería militar. A diferencia de la ingeniería clásica, centrada en la *construcción* de potentes artefactos, la balística ingenieril renacentista se interesa especialmente por cuestiones relativas al *uso*, o sea, problemas de tiro. Aunque se logra una sistematización operativa, mediante correlaciones entre ángulos de tiro y alcance de los disparos, los resultados de los diversos intentos de conceptualización teórica, en términos de dinámica aristotélica, conducen a resultados poco satisfactorios.

Los problemas de balística movieron a Galileo a ocuparse de la caída de los graves. El problema teórico de la trayectoria de los proyectiles de artillería que daría resuelto en su tratado *Sobre dos nuevas ciencias*, de las que la primera representa una teorización, al modo arquimédico, de la mecánica estática relativa a la resistencia de sólidos. La segunda culmina con la teorización de la técnica balística, al demostrar como teoremas las reglas de tiro de los artilleros.

La ciencia moderna es, pues, el resultado del reencuentro renacentista entre la antigua tradición teórica científica y la tradición operativa inmanente en la mecánica ingenieril. Ambas tradiciones confluyen en los ingenieros-académicos como Galileo, concedores entusiastas, por un lado, de la ciencia antigua y de los tratamientos teóricos

medievales de cuestiones mecánicas, y poseedores, por otro, de amplios conocimientos e intereses técnicos. El método experimental, latente en los procedimientos operativos artesanales y aplicado sistemáticamente por los ingenieros ya en la época antigua, es objeto de reflexión y sistematización explícita. El diseño y la construcción de dispositivos experimentales, las modificaciones y pruebas sistemáticas bajo control métrico y la representación matemática se constituyen, junto con la teorización científica, en el procedimiento fundamental de la investigación.

En contraposición a la ciencia clásica, no son técnicas *blandas*, como la geometría, sino técnicas mecánicas las desencadenantes del proceso de teorización que dará lugar a la *Nueva ciencia*. El carácter y desarrollo de la misma estarán marcados por el modelo de la mecánica, al igual que las ciencias antiguas fueron configuradas por la teorización paradigmática de la geometría. A diferencia de la ciencia predominantemente teorizante en la Antigüedad, cuyo objeto de teorización son resultados de técnicas precientíficas (la “base empírica” de la ciencia antigua) la ciencia moderna se apropia el procedimiento experimental de la construcción mecánica.

La importancia de Galileo para el desarrollo de la ciencia moderna no reside sólo en haber llevado a cabo el proceso de teorización de la mecánica balística, sino también en sus planteamientos programáticos con los que quiere legitimar la transferencia de los procedimientos de la producción mecánica, o sea, el método experimental a todos los ámbitos de la ciencia. Los alegatos teóricos de Galileo en favor de una transferencia generalizada de los procedimientos experimentales mecánicos, preparan el camino para la extrapolación—iniciada ya en su obra— de la teoría de la mecánica a los demás dominios. La nueva mecánica teórica se extrapola en la teorización de técnicas dirigidas a la anticipación de procesos naturales, como la astronomía, para culminar en la síntesis newtoniana de la mecánica terrestre y la astronómica.

La interpretación naturalista de la mecánica desemboca, en último término, en una visión tecnomecánica de la naturaleza, del cosmos, del hombre y de la sociedad. La cosmovisión moderna no sólo consolida la posición de las técnicas ingenieriles y hace justicia a su relevancia política, sino que además promueve y legitima la transferencia de los procedimientos experimentales de la invención y el control mecánico a todos los ámbitos de la investigación y de la vida ordinaria.

Tecnociencia

Los procedimientos mecánicos ingenieriles dirigidos a la invención y control de artefactos se transfieren a otros ámbitos de la producción del saber. A partir del siglo XVII, la experimentación sistemática unida a la conceptualización y sistematización

teóricas y al tratamiento metrológico y matemático revolucionan progresivamente los demás dominios técnicos. La ciencia moderna se configura como la conjunción de la producción tecnológica de laboratorio y el tratamiento teórico de sus sistemas tecnológicos. Con Boyle y su bomba de vacío los laboratorios científicos se establecen como instancia suprema para decidir disputas sobre cuestiones de hechos. Los fenómenos producidos y controlados mediante instrumentos de construcción mecánica en el curso de experimentos reproducibles y accesibles a todo el mundo, constituyen los hechos científicos. Los hechos construidos por la práctica técnica científica representan los fenómenos genuinos de la naturaleza moderna, claramente contrapuesta y separada de la sociedad, al igual que el conocimiento científico lo está de la política.⁸

La nueva filosofía de la ciencia, como la de Bacon y Descartes, se encarga de reforzar el programa de transferencia metodológica y tecnológica, dirigido a modelar uniformemente la práctica científica conforme al modo de intervención de laboratorio. La investigación debe dar lugar sólo a procedimientos y teorías que reporten capacidades de controlar procesos al modo mecánico. Las relaciones con la naturaleza se plantean, por un lado, como relaciones cognoscitivas del sujeto humano pasivo frente a un objeto distinto y contrapuesto a él y a la sociedad, y, por otro lado, como relaciones de control operativo. La metodología del trato con la naturaleza se basa en la ficción de que ésta no es otra cosa que una máquina que funciona regularmente conforme a leyes fijas. La construcción y la eficiencia técnicas, presentadas como dominio operativo sobre la naturaleza, se constituyen en una de las características principales de la nueva concepción de la ciencia.⁹

Con la ciencia moderna surge una nueva versión de las antiguas concepciones políticas basadas en la expertocracia. El modelo del nuevo sistema político es la *tecnocracia*. En la *Nova Atlantis* de Bacon encontramos ya la primera visión de una sociedad tecnocrática, en la que el poder político está en manos de la minoría que posee la *sabiduría*. Sin embargo, el conocimiento científico ya no procede de la contemplación teórica de la Justicia ni del Bien (como en Platón o Aristóteles), sino de la investigación operativa. Para Bacon “saber es poder” y éste no es otro que el presunto poder de la naturaleza que el científico se ha apropiado violentándola. La posesión del *poder natural* es lo que legitima para ejercer el poder político de forma no democrática. Por mucho que se acentúen las diferencias entre la antigua y la moderna legitimación expertocrática de la política, ambas siguen el mismo esquema basado en los privilegios políticos que un conocimiento superior minoritario confiere a los expertos. En la Antigüedad la capacitación política radicaba en las virtudes políticas teóricas, en la Modernidad en las capacidades científicas operativas.

Al apropiarse los procedimientos experimentales mecánicos, la ciencia moderna se hace con un campo propio de producción tecnológica.¹⁰ La interacción entre la

producción tecnológica y su tratamiento teórico en el seno de la investigación científica dará lugar en el siglo XIX a una revolución *tecnocientífica*. Una nueva física surge a partir de las innovaciones tecnológicas industriales y científicas en el campo de la transformación y síntesis de sustancias y en el de la producción de efectos y procesos energéticos. Con la tecnocientificación de dichos dominios se institucionalizan como disciplinas científicas la química sintética y la nueva física centrada en la termodinámica, la electricidad, el magnetismo y, posteriormente, en los efectos radiactivos. Ambas constituyen originariamente la *tecnociencia*. Con ella se instaura una nueva *ciencia de la naturaleza* en la que las interacciones físico-químicas desplazan a las mecánicas de su posición de preeminencia y las elaboraciones teóricas están al servicio de los resultados tecnológicos.

A partir de la revolución tecnocientífica, las nuevas tecnologías de transformación y síntesis química, nuclear y genética desplazan el predominio mecánico. Al igual que en el caso originario de la mecánica, a medida de que los distintos dominios de la acción humana y sus entornos han ido siendo conformados por las nuevas tecnologías, estas pasan a ocupar el puesto de *técnicas naturales* dominantes. La cosmovisión científica se ha modificado correspondientemente y se ha pasado del *universo frío* de la concepción mecánica de la naturaleza al *universo caliente* en el que ésta será interpretada en términos de química, termodinámica, física nuclear, etc.¹¹ Una vez más, los contenidos de las cosmovisiones se modifican conforme a las innovaciones tecnológicas y sirven de base para la legitimación naturalista de las nuevas tecnologías. Se presenta a la naturaleza como regida por leyes que, en realidad, no representan otra cosa que la capacidad de dominio operativo sobre artefactos, procesos y sistemas tecnológicos. Dicha capacidad de control tecnológico se sublima teóricamente como principios explicativos del cosmos, de forma que las tecnologías originariamente teorizadas encajan, a su vez, como el *auténtico progreso* en la correspondiente cosmovisión teórica del origen, desarrollo y destino de la naturaleza, de la sociedad y de la cultura humana. De ahí se sigue fácilmente que los expertos en dichas tecnologías son los más capacitados para guiar a la sociedad por la senda del progreso real. Las últimas innovaciones tecnológicas definen lo que se considera racional y eficiente, es decir, los criterios de evaluación tecnocientífica.

La investigación y la intervención tecnocientíficas se caracterizan por sus procedimientos mecánico-sintéticos desarrollados en los laboratorios y centrados en la invención de efectos y en la planificación y el forzamiento de procesos. Su control y reproducción se logran bien mediante el diseño y la construcción de artefactos, dispositivos e ingenios de todo tipo, o con la transformación, el reemplazo y la recombinación de elementos en procesos ya dados. A través de la progresiva transferencia de los procedimientos tecnocientíficos a todos los ámbitos de la

investigación y de la intervención científica, el *modelo de intervención tecnocientífica* se ha constituido en la base de la gestión y de la solución *racional* de problemas. Consecuentemente, la gestión y la política tecnocientíficas se han hecho partícipes de la legitimación naturalista de las nuevas tecnologías, surgiendo un círculo de reforzamiento mutuo. Las concepciones tecnocientíficas de la ciencia, la naturaleza y 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 concepciones implicadas como representaciones adecuadas del mundo real.

La tecnociencia en acción: el imperativo tecnocientífico.

La investigación tecnocientífica se ocupa, cada vez más, de procesos provocados y controlados en los laboratorios por el mismo investigador como efectos reproducibles de construcciones que, a su vez, son resultados tecnológicos de producción científica, tales como generadores eléctricos y radioactivos, aceleradores de partículas, láseres o recombinados de ADN. Procedimientos tecnológicos y tratamiento teórico están estrechamente entrelazados en la investigación y el desarrollo tecnocientíficos de laboratorio, que se basan, característicamente, en la construcción experimental, en la descomposición y aislamiento de elementos y en la manipulación, reemplazo y recombinación, con el fin de reproducir a voluntad y controlar completamente los procesos deseados mediante la eliminación de perturbaciones en las disposiciones experimentales^{1 2}.

Así, el análisis y sistematización teórica de las propiedades físicas de los materiales en términos de átomos, partículas elementales y estructuras atómicas se entrelaza con la física atómica experimental en lo que son las tecnologías nucleares, de la misma forma que, en química, la teorización de las propiedades químicas en términos de estructuras moleculares es inseparable y está al servicio de tecnologías de síntesis química. Las disciplinas de la física y de la química contemporáneas no son fundamentalmente otra cosa que nuevas tecnologías, es decir, tecnociencias¹³. Desde principios de siglo la metodología y las teorías físico-químicas se van transfiriendo al campo de la investigación biológica, donde se quiere encontrar, detrás de la diversidad de los logros y capacidades operativas de la nueva biología tecnocientífica, los últimos componentes que -al igual que los átomos en la física- puedan presentarse teóricamente como los responsables de las propiedades orgánicas¹⁴. De esta forma se llegan a *descubrir* los genes y las estructuras genéticas y se desarrolla la biología molecular, con la consiguiente avalancha de las nuevas biotecnologías y la ingeniería genética.

Como dice el famoso físico von Weizsacker, 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”¹⁵. Las regularidades investigadas de forma experimental y controladas cuantitativamente, se provocan, mantienen y reproducen tecnológicamente y cada procedimiento e instrumento de medida es, en definitiva, un producto tecnológico.

Sin embargo, en la presentación teórica, el contenido operativo de la investigación y de los resultados científicos acostumbra a quedar camuflado como “observación” y “aplicaciones” de la ciencia. El *know how* se presenta teóricamente como “saber que”. Por otra parte, las elaboraciones teóricas más abstractas de los diversos resultados de la investigación se extrapolan para interpretar procesos naturales, cósmicos o sociales al margen de cualquier control experimental del investigador. La capacidad de dominio tecnológico se sublima, en último extremo, como explicación teórica de la naturaleza y del cosmos.

Las extrapolaciones teóricas recurren, como justificación, a las *leyes científicas*, que el investigador, presuntamente, descubre en su búsqueda de la verdad. Estas, constatadas en las disposiciones experimentales, rigen para cualquier otro dominio sin limitaciones temporales. El discurso legalista en la ciencia es el resultado y, a su vez, el origen de trascendentales mistificaciones, a las que han sucumbido grandes científicos, como el propio Einstein.

“¿Pero cuál puede ser el interés de llegar a conocer una porción de la naturaleza tan pequeña en forma exhaustiva, mientras se deja de lado, con cautela y timidez, todo lo que implique mayor sutileza y complejidad? ¿El producto de tales esfuerzos modestos puede recibir la orgullosa denominación de teoría del universo? Creo que esta denominación está justificada, porque las leyes generales sobre las que se basa la estructura de la física teórica se definen como válidas para toda clase de fenómenos naturales. Mediante esas leyes sería posible llegar a la descripción -o sea, la teoría- de todo proceso natural incluyendo la vida a través de la pura deducción, si ese proceso de deducción no estuviera más allá de la capacidad del intelecto humano. [...] La tarea fundamental del físico consiste en llegar hasta esas leyes elementales y universales que permiten construir el cosmos mediante pura deducción.”¹⁶.

A la interpretación legalista de la tecnociencia subyace, entre otras cosas, la concepción estándar tradicional, que la concibe fundamentalmente como *teorías*. En los actuales Estudios de Ciencia y Tecnología la ciencia se muestra, por el contrario, como una *práctica*, la práctica del entramado de la producción tecnológica y teórica. Pues, mientras que la ciencia antigua es predominantemente teórica y se centra en la teorización de desarrollos técnicos precientíficos de tipo artesanal, la ciencia moderna desarrolla una producción propia de tecnologías, que, junto con los resultados de la

técnica paracientífica de los ingenieros, será el objeto de la teorización científica. La ciencia se constituye, así pues, en el modo teórico del desarrollo del saber tecnológico.

La interacción entre teorización y producción tecnológica en el seno de la investigación tecnocientífica, da lugar a las *nuevas tecnologías*, es decir, tecnologías desarrolladas o perfeccionadas con la ayuda de procedimientos teóricos. La relevancia operativa de la ciencia no reside en sus productos teóricos, sino en su producción tecnológica. De la ciencia no se aplican sus teorías, como quieren hacer creer algunos filósofos de la ciencia, sino directamente sus tecnologías o sea, el saber operativo, las capacidades y los artefactos tecnológicos desarrollados y teorizados en la investigación científica. La clave del éxito tecnológico de la ciencia reside en que las teorías científicas teorizan, precisamente, técnicas exitosas. La verdad de la representación teórica corresponde a la efectividad operativa.

El desarrollo tecnocientífico de la investigación tiende a expandirse a todos los ámbitos de producción de saber. La producción tecnológica resultante lleva el sello de la asimilación tecnocientífica, pues en el proceso de *tecnocientificación* no sólo se transfieren los modos de producción tecnológica sino que el dominio asimilado es, a su vez, objeto de teorización en el marco tecnocientífico. Es decir, junto con la *transferencia tecnológica* de los procedimientos e instrumentos de producción tecnocientífica se da una *extrapolación teórica* o teorización del dominio asimilado en el marco teórico de la tecnociencia dominante. Los nuevos procedimientos tecnológicos llevan consigo nuevos tratamientos teóricos y juntos dan lugar a nuevas tecnologías, como es el caso de la biología molecular y la ingeniería genética¹⁷.

Extrapolaciones teóricas ocurren asimismo entre campos diversos dentro de un mismo dominio, dando origen a *superteorías* científicas que integran y articulan teorizaciones de nivel inferior. Una determinada *superteoría* puede llegar a ser prepotente y constituir un proceso de expansión teórica, como en el caso de la mecánica newtoniana. Dicha expansión teórica escolta, de forma más o menos manifiesta, procesos de transferencias metodológicas y tecnológicas.

En este contexto juegan un papel determinadas superteorías que sirven para justificar la asimilación en cuestión y lograr una aceptación social de la nueva producción tecnológica frente a posibles resistencias. Dichas teorías extrapolan, por lo general, superteorías científicas de dominios controlables en los laboratorios a ámbitos fuera de cualquier control experimental, tales como los procesos cósmicos o el desarrollo y la organización social. Aparentemente se intenta transmitir una cosmovisión del origen y desarrollo del mundo, la naturaleza, la sociedad humana y la cultura en la que la aplicación de las nuevas tecnologías encaja como el auténtico progreso¹⁸. Este tipo de construcciones teóricas, más que un carácter propiamente científico, constituyen extrapolaciones y *superteorías filosóficas*, dado que no representan ni articulan

contenidos tecnológicos, ni tampoco se derivan de ellas tecnologías específicas, a no ser técnicas retóricas destinadas a cambiar la conciencia social¹⁹.

Sin embargo, al basarse en la supuesta validez *universal* de determinadas teorías científicas, que presuntamente autorizaría cualquier extrapolación teórica o transferencia tecnológica, las legitimaciones superteóricas del desarrollo y de la aplicación de nuevas tecnologías están invirtiendo exactamente los términos. El desarrollo teórico va, básicamente, al remolque de la producción tecnológica científica y paracientífica. La innovación tecnológica es el contexto del cambio científico teórico. Ahora bien, si las teorías científicas resultan de la teorización de realizaciones tecnológicas entonces difícilmente pueden constituirse en la legitimación de estas últimas. Por el contrario, la justificación de la actividad teórica dependerá, en todo caso, de las tecnologías a cuya producción contribuye en el marco de la investigación científica²⁰.

Tecnocientificación: el dominio tecnocientífico de la biología

Como ya se ha indicado, en el siglo XX, las innovaciones tecnocientíficas dan paso a las que se han venido en llamar nuevas tecnologías. Su relación con el desencadenamiento de los riesgos característicos de nuestra época es, hoy en día, bastante obvia en la mayoría de los casos. De una forma bastante inmediata se puede constatar que los riesgos más extremos y las consecuencias más irreversibles se derivan de tecnologías tales como la química sintética, la tecnología nuclear, las tecnologías genéticas o las informáticas. Sin embargo, el proceso global de la génesis de dichos problemas y riesgos no es perceptible de una manera tan inmediata, sino que requiere un análisis y una reconstrucción histórica amplios que van más allá de las simples micro-explicaciones y evaluaciones técnicas estándar.

El proceso en cuestión radica en la difusión generalizada de los sistemas tecnológicos producidos en los laboratorios de investigación tecnocientífica. Dicha transferencia tecnológica está operando la progresiva *tecnocientificación* de la cultura de origen europeo y, a través de su exportación transcultural, la homogeneización de las diversidades culturales a escala planetaria. La configuración tecnocientífica de los más diversos ámbitos de la práctica ordinaria da paso a entornos asimismo cada vez más tecnocientificados, es decir, configurados como entramados cada vez más predecibles y controlables. Pues las innovaciones tecnocientíficas sólo pueden implementarse, es decir, los procedimientos de intervención tecnocientífica sólo pueden ser efectivos, si se transfieren a los distintos entornos particulares las condiciones de laboratorio originarias que forman parte de y garantizan su funcionamiento²¹. De esta forma, se

eliminan perturbaciones potencialmente incontrolables y se pueden reproducir y controlar al modo tecnocientífico los procesos en cuestión. La tecnocientificación global de la cultura es precisamente el origen de nuestra cultura del riesgo²².

La producción tecnocientífica junto con las extrapolaciones teóricas han ido trastocando las concepciones y formas originarias del saber operativo. Estas correspondían a distintos dominios técnicos, delimitados por sus respectivas características. Así, p. ej., el ámbito de las *técnicas materiales* se caracterizaba por el control determinante de efectos y procesos, cuya producción y reproducibilidad se lograba mediante la *fabricación* de dispositivos y artefactos. Las *biotécnicas*, en cambio, se caracterizaban desde su origen por ser, más bien, técnicas anticipativas que tendían a respetar la autonomía de los procesos en cuestión, pero en las que se daba una cierta intervención o ayuda, dirigida a acondicionar adecuadamente y encaminar hacia resultados óptimos. En el extremo opuesto al dominio de la mecánica, se encontraban las técnicas puramente *anticipativas* como astronomía y meteorología, que se ocupan dominios no controlables operativamente y en los que el saber consiste en adaptar convenientemente la propia acción.

Sin duda, uno de los casos de tecnocientificación más representativos se encuentra en el dominio biotécnico de la agricultura, la ganadería y la medicina tradicionales. Desde su origen prehistórico, estas se han caracterizado por ser técnicas de intervención *blanda*, es decir, basadas en procedimientos predominantemente anticipativos que respetaban, en buena medida, la espontaneidad y la autonomía originarias de los procesos en cuestión, pero en los que se daba una cierta intervención o ayuda, dirigida a acondicionarlos adecuadamente. El desarrollo actual, por el contrario, se basa preferentemente en tecnologías *duras*, es decir, de intervención y control tecnocientífico, en las que priman procedimientos y productos desarrollados en los laboratorios de química sintética y de ingeniería genética y que tienden a anular la autonomía y espontaneidad originarias de los procesos intervenidos. Así, la tecnocientificación de la agricultura, la ganadería y la producción alimentaria en general ha seguido un proceso acelerado que va 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. Al mismo ritmo se han seguido también sus efectos para el deterioro ambiental y los graves riesgos para la salud humana y la supervivencia de determinadas especies.

La tecnocientificación rigurosa del dominio biotécnico es un proceso relativamente reciente que aún está en marcha y que constituye el último capítulo de la historia de la biología científica. El primer tratamiento *científico* de las biotécnicas originarias fue de carácter teórico, consistiendo fundamentalmente en su

conceptualización y sistematización taxonómica y teórica, que se inician ya en la época de la ciencia antigua con obras como el *Corpus Hippocraticum* o los tratados aristotélicos sobre los animales. A partir del siglo XVII, la biología teórica se fue constituyendo como un sofisticado sistema conceptual y clasificadorio, que dio paso a las grandes teorías de la evolución del siglo XIX. En la segunda mitad de este mismo siglo aparece de forma clara el tratamiento científico moderno de las biotécnicas en el campo de los procedimientos de transformación mediante microorganismos, con el desarrollo de la microbiología, cuyas tecnologías iban dirigidas al control de procesos de fermentación o de carácter infeccioso²³. Asimismo es esta época surge la química orgánica y, posteriormente, la bioquímica en relación con el control tecnológico de los procedimientos de transformación y síntesis de biosustancias y de los procesos agrícolas.

Ya en el siglo XX, se desencadena el tratamiento tecnocientífico con la transferencia masiva de prácticas e instrumental de laboratorio del campo de la física y química al de la investigación biológica. Dicha transferencia está promovida por notables físicos y químicos, como Erwin Schödinger y Linus Pauling, que se pasan a la biología con armas y bagajes para defender la teorización y tratamiento de los procesos biológicos en términos moleculares. La articulación y sistematización físico-química (es decir, tecnocientífica) de la investigación biológica desembocan en los desarrollos teóricos de la biología molecular y en la ingeniería genética. Esta representa la culminación del proceso de biotecnocientificación con el desarrollo de las tecnologías del ADN recombinante, destinadas a provocar y controlar procesos biológicos 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 tecnocientíficas²⁴.

Las nuevas tecnologías no han dejado prácticamente ningún ámbito del bioentorno tradicional, es decir, de lo que convencionalmente se considera la *naturaleza*, fuera del alcance de la intervención tecnocientífica. No sólo se compite en los invisibles juegos olímpicos de los premios Nobel investigando y desarrollando nuevas tecnologías para la manipulación, producción y reproducción de especies animales y vegetales, sino que las prácticas tradicionales más comunes de la agricultura, la cría y el cuidado de animales están desapareciendo para dar paso a un entorno de laboratorio industrial. Incluso el paisaje, arruinado como consecuencia directa e indirecta de la producción tecnocientífica, se quiere *renaturalizar* sometiéndolo a una ecogestión que haga uso de las formas más avanzadas de intervención tecnocientífica²⁵. La misma naturaleza humana, es decir, el cuerpo humano y sus procesos de reproducción, es un objetivo prioritario para la expansión tecnocientífica 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 tecnocientífica es más significativa. En la actualidad los investigadores, los profesionales y la industria médica la están encauzando hacia un proceso tecnocientífico con objetivos funcionales (supuestamente eugenésicos), provocado, guiado y controlado mediante tecnologías de diagnóstico, fecundación, intervención genética etc.²⁶

En general, la tendencia apunta claramente hacia la tecnocientificación total que parece guiada por el *imperativo tecnocientífico* de que *hay que extender las formas de intervención tecnocientífica a todos los dominios que puedan ser objeto de ella*. La clave y el desencadenante de la tecnocientificación global de la cultura ha sido la tecnocientificación originaria de la cultura científica, que, como matriz de la tecnociencia, ha impulsado el imperativo tecnológico y ha hecho posible su implementación operativa y su legitimación teórica. La historia de la tecnocientificación progresiva de la cultura científica es la historia de las nuevas tecnologías que se han constituido en el paradigma actual del conocimiento, la investigación y la intervención científicas. Propiamente habría que hablar, más bien, de historia de las tecnociencias, pues tecnologías tales como la nuclear, la de síntesis química o la genética forman un entramado inseparable con disciplinas como la física nuclear, la física atómica o la biología molecular.

La tecnocientificación del bioentorno humano más inmediato, sin embargo, despierta eventualmente considerables inquietudes y resistencias sociales, que revelan demarcaciones culturales latentes aún en la concepción usual de la naturaleza.²⁷ Para que la tecnocientificación pueda tomar el mando total sin trabas culturales, se ha reelaborado la concepción *científica* de la naturaleza, de forma que sirva para legitimar la investigación, el desarrollo y la implementación de las nuevas tecnologías. La naturalización de la tecnociencia y la tecnocientificación de la naturaleza son procesos que se sostienen mutuamente con la ayuda y la autoridad de las teorías científicas. Las transferencias tecnocientíficas al dominio de la *naturaleza* serían justificables en nombre de la unidad del universo y de la universalidad de las leyes científicas, y los eventuales celos y resistencia podrían desecharse como manifestaciones del *cultural lag* provocado por los rápidos cambios operados por el progreso científico, al que aún no han tenido tiempo de adaptarse algunas concepciones tradicionales no científicas. En este contexto, el marco conceptual y superteórico común a las ciencias físicas y a la biología molecular hace posible extrapolar al dominio biotecnocientífico las mismas leyes teóricas que supuestamente rigen en el universo. Los sistemas tecnológicos producidos en la investigación tecnocientífica aparece entonces como procesos que no

obedecen otra cosa que las leyes naturales, descubiertas por la ciencia física. Consecuentemente, se intenta justificar la implementación de las tecnologías desarrolladas, p. ej. en ingeniería genética, como la legítima aplicación de leyes naturales.

En este contexto, se llega incluso a echar mano de la teoría de la evolución para caracterizar el desarrollo tecnocientífico como un proceso evolutivo, en el que las nuevas tecnologías representan una tecnoevolución, o sea, una nueva fase evolutiva que continúa y culmina la fase previa de la bioevolución. La evolución tecnocientífica se convierte en un proceso autónomo e imparable conforme a las tesis del determinismo tecnocientífico.²⁸ Sin embargo, la legitimación teórica naturalista del proceso de tecnocientificación confirma, paradójicamente, el carácter tecno-cultural de la naturaleza. Si, como implícitamente se presupone, *todo lo producido tecnocientíficamente forma parte de la naturaleza*²⁹, entonces la naturaleza es tecnológicamente reproducible. Es decir, la naturaleza es una construcción cultural e histórica del hombre.³⁰

A modo de conclusión: riesgos tecnocientíficos

Las polifacéticas capacidades técnicas desarrolladas por las culturas humanas han creado una gran variedad de entornos que han pasado a formar parte de los entornos vitales de las mismas, junto con los bioentornos originarios. En las culturas de origen europeo, no sólo los bioentornos ha sido ampliamente tecnocientificados sino que las innovaciones tecnocientíficas han ido transformado progresivamente los entramados globales de los diversos dominios sociales, en el curso de un proceso de tecnocientificación generalizada e indiscriminada de la totalidad de las culturas y de los entornos vitales.³¹

Los problemas y riesgos derivados de la globalización tecnocientífica no representan desequilibrios o inadaptaciones transitorias, sino que son inherentes al mismo proceso de tecnocientificación, que una vez en marcha tiende a hacerse compulsivo y absoluto. En su desarrollo juega un papel decisivo la tecnocientificación de la intervención política. Este dominio basado tradicionalmente en normas y leyes, en sistemas de interacción, organización y control social, y en visiones y voluntades políticas, tiende a convertirse en un dominio en el que prima el modelo de intervención y control basado en *sistemas tecnocientíficos*.

Como ya se ha dicho repetidamente, el modelo tecnocientífico de intervención y gestión radica en el control total y el forzamiento de procesos. Su monopolio conduce a la transformación generalizada de los sistemas técnicos y culturales en *sistemas tecnocientíficos*. Ya que, siguiendo la lógica del imperativo tecnocientífico y de la

equiparación de seguridad con control, la misma gestión y estabilización de los eventuales problemas y riesgos se plantean en términos de un *perfeccionamiento* de los sistemas técnicos mediante su diseño tecnocientífico³². 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 esta forma, la política del modelo tecnocientífico tiende, por su propia dinámica, a la transformación y organización de la sociedad y de la naturaleza en sistemas tecnocientíficos, es decir, en entramados completamente predecibles y controlables.

Ahora bien, con la expansión del proceso de tecnocientificación los sistemas tecnocientíficos se hacen cada vez más complejos y se interrelacionan formando redes que abarcan la totalidad de los entornos vitales. Este entramado deviene asimismo cada vez más complejo y propenso a que fallos relativamente pequeños desemboquen en grandes catástrofes. Como se ha hecho evidente en el caso de sistemas tecnológicos de la energía nuclear, la química sintética o la ingeniería genética (especialmente problemáticos por no ser compatibles con fallos menores sin riesgo de consecuencias irreversibles) con la mayor capacidad de intervención y control tecnocientífico crece también la potencialidad del riesgo. La misma gestión tecnocientífica de los riesgos conduce a una espiral de riesgo. Pues implica un incremento del control de los sistemas tecnológicos sólo alcanzable mediante una mayor tecnocientificación del entorno que, a su vez, es el origen de nuevos 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 expansión de la evaluación de impactos y de riesgos prácticamente irrealizable³³.

Cuando el mínimo descontrol corre el riesgo de convertirse en una catástrofe, es explicable que se acabe identificando la gestión y solución racional con un control tecnocientífico aún más absoluto. Sin embargo, la tecnocientificación total completamente exenta de fallos no ha llegado a realizarse ni es prácticamente realizable a gran escala, ni siquiera en los sistemas tecnológicos considerados más avanzados, como la química sintética o la tecnología nuclear³⁴. Mucho menos hay que esperar que llegue a ser realidad en el complejo entramado de los sistemas sociales, a pesar de las insistentes profecías de un mundo feliz y las visiones futuristas de entornos vitales transformados en perfectas megamáquinas tecnocientíficas, gracias al diseño y la construcción tecnocientífica total de la naturaleza y de la sociedad³⁵. Los riesgos ecológicos y sociales del modelo tecnocientífico estriba en la imposibilidad de una realización absoluta del imperativo tecnocientífico.

Pero, aparte de los riesgos específicos, el proceso compulsivo de la tecnocientificación conlleva un riesgo cultural global de aún mayor trascendencia, el de la *unidimensionalidad tecnocientífica*. La tecnocientificación de un sistema cultural, es

decir, su transformación en un sistema tecnocientífico, genera eventualmente incompatibilidades con otros sistemas no tecnocientificados con los que conforma conjuntamente subculturas determinadas. Por una parte, el desarrollo de los sistemas tradicionales se hace imposible en entornos cada vez más tecnocientificados y, por otra, los sistemas tradicionales resultan disfuncionales para los sistemas tecnocientíficos del entorno y tienden a ser absorbidos por el imperativo de la tecnocientificación. Cada sistema cultural corresponde a formas de intervención y de interacción determinadas. Los sistemas de intervención blanda se hacen inviables en un medio intensamente tecnocientificado con formas de intervención e interacción basadas en el control absoluto. El imperativo de la tecnocientificación total desemboca en la homogeneización tecnocientífica global, con la desaparición no sólo de especies biológicas sino también de especies culturales basadas en sofisticados sistemas técnicos *blandos*. Las culturas centradas en el primado ilimitado de la intervención tecnocientífica global no pueden dejar de ser fundamentalmente culturas de riesgo, pues sus riesgos característicos son, en definitiva, construcciones tecnocientíficas. Las limitaciones del modelo de evaluación y de intervención basado en la tecnocientificación de esos mismos riesgos radica, precisamente, en que dicho modelo es el origen de los males que intenta remediar.

Referencias bibliográficas

- Beck, U.** 1986. *Risikogesellschaft. Auf dem Weg in eine andere Moderne*. Frankfurt /M.: Suhrkamp.
- Böhme, G./Daele, W. van den/ Krohn, W.** 1978. " Die Verwissenschaftlichung von Technologie", en Böhme, G/Daele W. van den/Hohlfeld, R./Krohn, W./Schäfer, W./Spengler, T. (eds.) *Die gesellschaftliche Orientierung des wissenschaftlichen Fortschritts*. Frankfurt a. M.: Suhrkamp.
- Böhme, G.** 1990. "Die Natur im Zeitalter ihrer technischen Reproduzierbarkeit", *Information Philosophie* 2: 5-17.
- Brush, S.G.** 1988. *The History of Modern Science. A guide to the Second Scientific Revolution, 1800-1950*. Ames: Iowa State University Press.
- Einstein, A.** 1977. *Principios de la investigación. Discurso con motivo del sexagésimo aniversario de Max Planck (1918)*, en *Mein Weltbild*,. Frankfurt/M, Berlin, Wien: Ullstein Verlag.
- Gleich, A. von** 1991. "Über den Umgang mit Natur. Sanfte Chemie als wissenschaftliches, chemiepolitisches und regionalwirtschaftliches Konzept", *Wechselwirkung* 48: 4-11.
- Latour, B.** 1983. "Give Me a Laboratory and I will Raise the World", en Knorr-Cetina, K.D./Mulkey, M.J. (eds.) 1983. *Science Observed: Perspectives on the Social Study of Science*. London/Beverly Hills: Sage.
- Latour, B.** 1988. *The Pasteurization of France*. Cambridge MA.: Harvard University Press.
- Latour, B.** 1990. " Postmodern? No, Simply Amodern! Steps towards an Antropology of Science", *Studies in History and Philosophy of Science* 21: 145-171.
- Medina, M.** 1985. *De la techne a la tecnología*. Valencia: Tirant lo Blanc.
- Medina, M.** 1992 "Nuevas tecnologías, evaluación de la innovación tecnológica y gestión de riesgos", en Sanmartín, J./Medina, M. (eds.) *Estudios sobre sociedad y tecnología*. Barcelona: Anthropos.
- Medina, M.** 1993. "Estudios de ciencia y tecnología para la evaluación de tecnologías y la política científica", en Sanmartín, J./Hronzky, I. (eds.) *Superando fronteras. Estudios europeos de Ciencia-Tecnología-Sociedad y evaluación de tecnologías*. Barcelona: Anthropos.
- Sanmartín, J.** 1987. *Los nuevos redentores. Reflexiones sobre la ingeniería genética, la sociobiología y el mundo feliz que nos prometen*. Barcelona: Anthropos.
- von Weizsäcker, C.F.** 1974. *Die Einheit der Natur*. München: dtv.

NOTAS

¹ Medina 1994.

² Medina, 1985.

³ Ibíd.

⁴ Ibíd

⁵ Medina, 1988

⁶ Medina, 1990

⁷ Ibíd

⁸ Shapin/Schaffer, 1985; Latour, 1990.

⁹ Price, 1984

¹⁰ Böhme/Daele /Krohn, 1978.

¹¹ Moscovici, 1977.

¹² Gleich, 1991.

¹³ Ibíd

¹⁴ Brush, 1988

¹⁵ von Weizsäcker, 1971.

¹⁶ Einstein, A., 1977.

¹⁷ Cf. apartado siguiente.

¹⁸ Este es el caso de la sociobiología con relación a la biotecnología o de la llamada cosmología científica con relación, entre otras, a las tecnologías desarrolladas por la física de partículas.

¹⁹ De una forma muy esquemática y resumida se podría decir que las tecnologías dominantes dan lugar a las teorías y superteorías dominantes, y de todas ellas se derivan las cosmologías dominantes que, a su vez, sirven para legitimar el desarrollo y la aplicación de las nuevas tecnologías en cuestión.

²⁰ Toda práctica técnica tiene determinadas consecuencias y condicionamientos, y su aplicación afecta necesidades, formas de vida y propósitos. Qué tecnologías, en particular, resultan de la producción científica o paracientífica y qué saber operativo es objeto de tratamiento científico, tiene que ver con los propósitos y decisiones de determinados colectivos sociales, así como con el grado de poder de que disponen para orientar la investigación

²¹ Latour, 1983.

²² Beck, 1986.

²³ Latour, 1988.

²⁴ La innovación tecnocientífica no es exclusiva de las tecnologías genéticas, sino que ha marcado el conjunto de las nuevas biotecnologías, como en el caso de las tecnologías microbiológicas o las tecnologías germinales. Las tecnologías microbiológicas operan mediante el aislamiento y selección de microorganismos para manipular determinados procesos y para la producción industrial de determinadas sustancias. Las tecnologías de tratamiento germinal tienen que ver con procesos de fecundación extracorporal, fusión celular o clonación (Sanmartín, 1987, 1990).

²⁵ Böhme, 1990.

²⁶ Sanmartín, 1987.

²⁷ Dentro de culturas tradicionales se dan limitaciones de los dominios técnicos originarios que implícitamente excluyen determinadas transferencias entre los mismos. En los inicios de nuestra cultura europea, p. ej., la contraposición aristotélica entre naturaleza y técnica representa la demarcación del dominio biotécnico frente al dominio de las técnicas duras, especialmente mecánicas, y sanciona la separación entre ambos (Medina, 1988, 1990). En la actualidad, la Iglesia Católica se esfuerza por mantener una delimitación similar del dominio biotécnico de la procreación humana, prohibiendo formas de intervención tecnocientífica. Cuando la transferencia de técnicas duras a dominios originalmente blandos supone la trasgresión de demarcaciones culturales, se hace generalmente necesaria una legitimación de la misma que sea capaz de apaciguar eventuales resistencias culturales y de hacer socialmente aceptables las nuevas formas de intervención tecnológica.

²⁸ Winner, 1977.

²⁹ A esta afirmación se la podría llamar el *Principio de tecnonaturalización*.

³⁰ Böhme, 1990.

³¹ Así, en el entramado de los dominios sociales y simbólicos son originariamente característicos los procedimientos de intervención blanda. Las prácticas tradicionales de educación, socialización y resolución de conflictos o problemas relacionados con la agresividad o con la conducta agresiva, p. ej., se centran en la comunicación, en la interacción personal y social y en el discurso. Actualmente, en el contexto de los procedimientos que se consideran tecnológicamente más avanzados la solución de problemas difíciles de educación o que tienen que ver con comportamientos anormales, agresivos o asociales tiende a plantearse en términos de intervención dura, como el tratamiento neuroquímico, el control funcional de impulsos y estados mediante drogas o, incluso, la intervención genética.

Asimismo es claramente constatable el curso de la tecnocientificación en el dominio completamente diferente que constituye el entramado de las técnicas energéticas y de realización del trabajo. Este dominio incluye originariamente biotécnicas (como las relativas al desarrollo de fuerza muscular y al empleo de animales...) y sociotécnicas implementadas con la ayuda de técnicas simbólicas (planificación y organización del trabajo de grandes colectivos...). A finales de la Antigüedad y en el

curso de la Edad Media, las biotécnicas se complementan con mecanismos (norias accionadas por caballerías...) y se desarrollan las técnicas mecánicas (ruedas hidráulicas, molinos de viento...) que en la Edad Moderna serán objeto de un desarrollo ingenieril (máquina de vapor, turbinas...) y de tratamiento tecnológico moderno. Con la tecnociencia aparecen las tecnologías energéticas características de nuestra época, como motores eléctricos, motores de explosión, reactores nucleares etc., que son el resultado de la combinación de tecnologías mecánicas y nuevas tecnologías de transformación y síntesis.

³² El diseño tecnocientífico, p. ej. del niño probeta, se presenta como la vía del progreso hacia una perfección de la sociedad y del bioentorno que ha de permitir la solución de problemas que ni la evolución natural ni la historia social han sido capaces de resolver.

³³ Como es evidente, p. ej., en el caso concreto de la química sintética (Gleich, *Ibíd.*).

³⁴ Gleich, *Ibíd.*

³⁵ Sanmartín, *Ibíd.*