

Tecnología, ciencia y filosofía

por

Mario Bunge

1. EL FILÓSOFO ANTE LA TECNOLOGÍA

Los filósofos han solido despreciar y temer el mundo de la acción, del trabajo y de la técnica. La técnica anterior a la actual revolución científica era un conjunto de conocimientos prácticos empleados en el trabajo manual y, como tal, no sólo era indigna del hombre de clase superior a la artesanal, sino también indigna de la atención del hombre de ideas. La técnica, en efecto, no era un conjunto de ideas sino un conjunto de prácticas o recetas y, como tal, carecía de interés filosófico.

Ha habido, desde luego, excepciones: los filósofos positivistas, pragmatistas y materialistas han admirado a la técnica y han subrayado su importancia social. Pero es dudoso que hayan comprendido las peculiaridades lógicas, gnoseológicas y metodológicas de la tecnología moderna, como lo muestra su frecuente confusión de la técnica con la ciencia o su afirmación de que no hay diferencias entre la ciencia pura y la aplicada por la sencilla razón de que no existe ciencia pura. La tecnología, en suma, no ha constituido para ellos tema de reflexión filosófica.

El descuido de que han sido objeto la técnica precientífica y la tecnología moderna por parte de los filósofos se explica no sólo por el antiguo menosprecio del pensador griego por todo lo prác-

tico, sino también por ignorancia. Muchos han llegado a culpar a la técnica, junto con la ciencia, de los males sociales y morales que han acompañado al progreso material; en lugar de analizarlas han preferido declamar contra lo que han llamado "la ciencia deshumanizada" y "la técnica esclavizadora". Con esto han demostrado ignorar, tanto como los filósofos filotécnicos, las profundas diferencias entre la técnica precientífica, la tecnología o ciencia aplicada, y la ciencia pura. También han demostrado ignorar que la tecnología contemporánea, aplicación del método científico a objetivos prácticos, es una actividad espiritual mucho más profunda y rica que algunas actividades humanísticas.

El filósofo contemporáneo de mentalidad arcaica se da el lujo de emplear productos de la tecnología, desconociendo por entero su composición y funcionamiento, así como su importancia social y cultural. Sin curiosidad por la naturaleza ni por la actividad transfiguradora del hombre, ni por las ideas acerca de la *fisis* y de la *artifisis*, ese homínido diplomado vive en un mundo que desconoce y saca provecho de las conquistas científicas y tecnológicas al modo en que el sacerdote usufructúa del tributo de sus fieles: sin participar del goce de producirlos, sin entenderlos, sin apreciarlos más que en su materialidad. No advierte que el diseño de un nuevo perfil de avión, la búsqueda de un nuevo herbicida, el ensayo de un nuevo tratamiento médico, o la organización racional de una empresa, son actividades del espíritu mucho más audaces, excitantes e importantes que el estudio de la manera de acentuar de Cervantes, la confección de una bibliografía o la redacción de un comentario sobre los comentarios de algún texto clásico que sobrevive tan sólo en planes de estudio de humanidades fosilizadas.

Esa actitud despectiva, temerosa e ignorante para con la tecnología comenzó a cambiar después de la Segunda Guerra Mundial, al menos en los países cultos. ¿Quién ignora hoy que el diseño y manejo de las computadoras automáticas requiere conocimientos de lógica? ¿A quién se le escapa que la sola existencia de autómatas

plantea problemas gnoseológicos, tales como el de decidir si ellos pueden conocer? Y ¿cómo no comprender que esos mismos artefactos plantean problemas ontológicos, tales como el de averiguar si forman parte del nivel físico o si constituyen un nivel peculiar, el de la *artifisis*, constituido por objetos materiales en los que el hombre ha impreso su inteligencia y sus fines?

En los EE. UU., y en menor medida en otros países que marchan a la cabeza de la cultura, se está comprendiendo que la tecnología no sólo exige el concurso de científicos sino también la colaboración de filósofos. En ese país se están multiplicando las empresas y los institutos de investigación tecnológica que emplean lógicos y epistemólogos, no por considerarlos adornos sino porque son indispensables para abordar problemas generales que requieren la comprensión de estructuras lógicas y de analogías entre sistemas y disciplinas diversas, problemas que el especialista no está habituado a abordar. Va aumentando el número de filósofos que, cansados de comentar todos los años los mismos diálogos platónicos, se han convertido en expertos en la teoría de los autómatas, en investigación operativa, o en teoría de la decisión. En estos campos nuevos y en expansión se destacan las mentalidades ávidas de novedad, interesadas en métodos antes que en datos, en relaciones antes que en cosas, y que desean aplicar a fines socialmente útiles su capacidad de abstracción. Han encontrado en la tecnología contemporánea lo que no les diera la filosofía concebida como acumulación de datos históricos o como especulación en el vacío.

Pero todavía no se ha constituido una *filosofía de la tecnología* a semejanza de la epistemología. Y no es que escaseen los problemas filosóficos que plantea la tecnología moderna, como se tratará de mostrar en lo que sigue.

2. TÉCNICA, TECNOLOGÍA Y CIENCIA

Entenderemos por 'técnica' en sentido amplio todo conjunto coherente de prácticas o reglas de procedimiento conducentes a un

fin predeterminado. Puesto que toda técnica es un medio, para caracterizar las técnicas debemos considerar los fines a que sirven. Y, puesto que toda técnica es un conocimiento o involucra un conocimiento, también debemos tener en cuenta el fundamento de tal conocimiento.

Respecto de los fines, las técnicas pueden dividirse en prácticas y científicas. Si la finalidad de una técnica es predominantemente utilitaria, tal como ocurre con el electroshock que se aplica a ciertos psicópatas, podremos denominarla *técnica práctica* o pragmatécnica. Si, por el contrario, la finalidad de una técnica es predominantemente cognoscitiva, como ocurre con el muestreo estadístico, podremos denominarla *técnica científica* o gnoseotécnica. En este trabajo no nos ocuparemos casi de las técnicas científicas, objeto de la metodología de la ciencia, sino de las técnicas prácticas, es decir, de los sistemas de reglas de procedimiento que se proponen modificar la naturaleza, el individuo humano, o la sociedad, con fines útiles.

Las técnicas científicas son todas *fundadas* en mayor o menor grado, en el sentido de que se basan sobre conocimientos científicos. Así, por ejemplo, el físico podrá explicar por qué emplea una termocupla para medir temperaturas. En cambio, el psicólogo no sabe dar razón de su eventual empleo del test de Rorschach: lo emplea como técnica infundada (aunque con pretensiones de suministrar conocimiento científico). A lo sumo dirá que "da resultado", lo que ni es cierto ni es argumento suficiente para justificar el empleo de una técnica en ciencia. Análogamente, el psiquiatra no sabe explicar por ahora por qué es eficaz el electroshock: también ésta es una técnica infundada. El científico desconfía de las técnicas infundadas, propias de la técnica precientífica. Una de las tareas de la investigación es, precisamente, explicar el éxito de ciertas técnicas, es decir, encontrar las leyes sobre las que se fundan. Es lo que hace el ingeniero cuando explica la estabilidad de las catedra-

les góticas, que fueron construidas con ayuda de reglas empíricas; es lo que hace el psicólogo, cuando explica la eficacia de técnicas pedagógicas como las del premio y del castigo.

Las técnicas prácticas pueden, pues, ser infundadas o fundadas; es decir, pueden ser sistemas de reglas empíricas o pueden ser sistemas de reglas justificadas por una disciplina científica. Llamaremos *tecnología* a todo sistema de técnicas prácticas fundadas, o al estudio de las mismas, distinguiéndola así de la técnica a secas o técnica precientífica. La técnica del zapatero remendón es una técnica práctica infundada, que consiste en un sistema de reglas elaboradas y puestas a prueba en milenios de práctica. La técnica de la moderna industria del calzado, en cambio, es en parte una tecnología que emplea conocimientos de física y de química. *El tecnólogo aplica el método científico a problemas de interés práctico. El técnico que usa la tecnología aplica al trabajo las técnicas elaboradas por ésta.*

Entre las tecnologías contemporáneas se distinguen las que llamaré: *a) tecnología física* (las ingenierías); *b) tecnología biológica* (medicina, farmacología, odontología, etc., y *c) tecnología social* (derecho, pedagogía, investigación operativa, ingeniería social, etc.). Cada una de estas ramas de la tecnología se funda sobre un grupo de ciencias especiales, además de emplear las ciencias comunes a todas las ciencias (la lógica y la matemática). La tecnología física se funda sobre la física y la química. La tecnología biológica reposa sobre la biología, que a su vez supone la física y la química. La tecnología social presupone las ciencias de la conducta (psicología y sociología). De esta manera toda ciencia empírica, salvo la historia, tiene su tecnología correspondiente. (Lo que podría constituir, dicho sea de pasada, un argumento en favor de la tesis de que la historia no es una ciencia independiente sino una disciplina que depende de las demás ciencias del hombre). El que cada ciencia aplicada presuponga *lógicamente* un conjunto de ciencias puras no significa que las tecnologías no den origen a desarrollos científicos.

En efecto, la técnica ha sido con frecuencia históricamente previa a la tecnología: tales los casos de la metalurgia y de la agronomía. En cambio, la tecnología no puede venir sin ciencia, pues no es sino *ciencia aplicada* a finalidades prácticas. La electrotecnia, la radiotecnica, la ingeniería nuclear y la química industrial son otros tantos ejemplos de ciencias aplicadas que no habrían nacido sin las correspondientes ciencias puras. No nacieron ni habrían podido nacer de no existir antes ciertos conocimientos teóricos y ciertos métodos de investigación, porque el técnico precientífico (no el tecnólogo) puede manipular únicamente lo que ve, en tanto que el tecnólogo controla, en medida creciente, lo que no se ve. Los electrones y las ondas electromagnéticas de la electrotecnia y de la radiotecnica son imperceptibles, como lo son los neutrones de la ingeniería nuclear y las moléculas de la química industrial. Para explicar la realidad, la ciencia moderna inventa conceptos transempíricos, que engarzan en teorías que van mucho más allá de la descripción de fenómenos; y la tecnología moderna consiste, en gran parte, en explotar las capas profundas de la realidad, a las que no se accede con las manos sino con la mente.

Pero si la ciencia pura engendra tecnologías, a su vez éstas plantean problemas científicos que promueven el adelanto de la ciencia. La náutica, al exigir mediciones precisas del tiempo y de la posición, estimuló a la astronomía, a la mecánica y al magnetismo; la farmacología ha estimulado a la biología, y otro tanto ha hecho la medicina. Una de las características de la cultura contemporánea es, precisamente, la malla de interacciones entre la técnica, la tecnología y la ciencia pura. En la Antigüedad y en la Edad Media no existieron tales interacciones: no existía la tecnología, y el trabajo esclavo o servil era demasiado barato para competir con máquinas que, por ausencia de tecnologías, eran demasiado costosas.

Las acciones recíprocas entre la técnica precientífica, la tecnología y la ciencia pueden analizarse en esta forma:

I. Técnica → Ciencia Pura → Tecnología.

Ejemplo 1: Prensa hidráulica → hidrostática → hidráulica.
Ejemplo 2: Respondiendo a requerimientos de la industria del vino y de la cerveza, Pasteur investiga el proceso de la fermentación; encuentra que dicho proceso se debe a microorganismos y funda así la bacteriología.

II. Ciencia Pura → Tecnología.

Ejemplo 1: Descubrimiento de la inducción electromagnética → invención del generador y del motor eléctricos. Ejemplo 2: Física nuclear → uso médico de los radioisótopos.

III. Tecnología → Ciencia Pura.

Ejemplo 1: Empleo de transistores → estudio del estado sólido.
Ejemplo 2: Ingeniería de comunicaciones → teoría de la información, que se emplea en diversas ramas de la ciencia.

Las ingenierías (física y química aplicadas) desempeñan un papel importante en todas las ciencias empíricas. Todas las ciencias de laboratorio requieren instrumentos de medición, registro y control, que son productos de la tecnología o requieren, para su construcción (que a menudo se hace en el laboratorio), de productos industriales fabricados bajo la dirección de tecnólogos. No se puede instalar un laboratorio moderno en un lugar desierto, a menos que se aseguren comunicaciones permanentes y rápidas con centros habitados donde se pueda conseguir piezas y drogas que fabrican industrias altamente desarrolladas. Pero hay más: todo experimento y toda observación exacta requieren equipos compuestos de aparatos e instrumentos: los aparatos para controlar o producir fenómenos, y los instrumentos para registrarlos y medir sus variables. Quien diseña el experimento es un científico, pero es cada vez más

frecuente que el científico sea asistido por ingenieros que se ocupen de diseñar, no el experimento, pero sí parte del equipo experimental, por ejemplo los circuitos electrónicos. Esta intervención del ingeniero en la investigación científica es cada vez más frecuente, tanto en la física como en la biología. Finalmente, hay conceptos comunes al ingeniero y al científico, pero que han sido particularmente manejados por tecnólogos: los de comunicación, organización, función y sistema. La teoría de la información y la teoría del control automático desempeñan un papel importante tanto en la ingeniería moderna como en la biología moderna. En resumen, las tecnologías físicas aportan a las ciencias experimentales no sólo cosas sino también ideas.

Las interacciones entre la tecnología y la ciencia son fuente de permanente renovación de ambos campos. Quedan aún técnicos rutinarios, especialmente en la industria de la construcción, en las industrias extractivas y en actividades sociales, tales como la política: son los que se limitan a aplicar recetas que elaboran otros. Son los que manejan tablas y administran drogas sin saber por qué: el ingeniero cuya sabiduría se resume en el manual de Hütte, el médico cuyo saber está todo en el catálogo de específicos, y el político que no lee otra cosa que los diarios. Constituyen la casta de los artesanos superiores, casta sin futuro brillante, porque la ciencia y la tecnología, y con ellas la sociedad íntegra, se están renovando a un ritmo tan vertiginoso que lo que cuenta no es la información aislada sino el método y la teoría generales, que capacitan para abordar cualquier problema nuevo.

El técnico rutinario está siendo reemplazado gradualmente por el tecnólogo, o está siendo sometido al control de este último. El motivo es sencillo: el conocimiento posibilita la eficacia, pero la recíproca no es verdadera. Un rito mágico puede ser psicológicamente eficaz, aun cuando sea científicamente infundado. En otras palabras, a la larga la ciencia produce una tecnología eficaz, en tanto que las técnicas precientíficas tienen una eficacia limitada y,

sobre todo, no progresan sino del modo más penoso y lento: por tanteos.

En el curso de los últimos decenios hemos asistido a la conversión de diversas técnicas en tecnologías. Un caso notable es la técnica de matar, que con la Segunda Guerra Mundial se ha convertido en una tecnología que emplea todos los recursos de la ciencia pura, y que moviliza a centenares de miles de lógicos, matemáticos, físicos, químicos, biólogos, psicólogos y sociólogos. Otro caso, menos patente, es el de la técnica de curar: la medicina se está convirtiendo rápidamente en biología humana aplicada, y la farmacología en bioquímica aplicada. En cambio la psiquiatría, concebida como tecnología de la psique anormal, está aún tan atrasada como la política, concebida como ingeniería de la sociedad. Este atraso no se debe solamente al estado subdesarrollado de las ciencias subyacentes sino, también, a las presiones ideológicas y a los prejuicios pre-científicos. No se pueden curar mentes enfermas ni sociedades enfermas mientras se siga creyendo en la eficacia mágica del verbo.

Hay poca duda, en suma, de que el saber posibilita la acción eficaz. Investiguemos ahora si, a su vez, la acción asegura el saber.

3. SABER Y HACER

El técnico y el tecnólogo se proponen, en última instancia, hacer o encaminar la acción, al par que el científico y el filósofo se proponen, en primer término, saber: saber a secas, para saber. Para el tecnólogo el saber científico es un medio para la acción; para el científico el saber tecnológico es un medio para la investigación desinteresada. Así, por ejemplo, el ingeniero científico emplea la física para diseñar un satélite artificial, al par que el físico emplea el satélite para averiguar la intensidad de las radiaciones en el espacio. No hay duda de la estrecha unión de la ciencia pura con la ciencia aplicada en el mundo actual, y tampoco se duda acerca de que la ciencia pura emplea como medio lo que es fin para la cien-

cia aplicada y viceversa. Esta estrecha unión entre el saber teórico y el saber práctico no existió antes de la edad moderna y ha sido consagrada por la teoría pragmatista de la unidad de la teoría con la práctica, de la identidad del saber y del hacer y, en particular, del saber y del saber hacer. Según esta teoría, si x conoce y , es que x sabe hacer y o sabe reproducir y ; y recíprocamente, si x sabe hacer y o sabe reproducir y , entonces x conoce y . Esta doctrina ha sido sostenida por pensadores tan dispares como Hobbes en el siglo xvii, Vico en el xviii, Marx y Engels en el xix y Dewey en el nuestro.

Consideremos primeramente el condicional "Si x conoce y , entonces x sabe hacer y ". Bastará dar un caso en que se conozca algo sin saber hacerlo, para falsificar la generalidad que tácitamente se asigna al condicional. Ejemplo 1: Conocemos algo acerca de las estrellas y , sin embargo, no sabemos hacerlas. Ejemplo 2: En general, tenemos conocimientos acerca de la materia, pero no sabemos hacerla; más aún, nuestros conocimientos incluyen el postulado de que la materia puede transformarse, pero no crearse ni destruirse. Ejemplo 3: Conocemos algo del pasado, pero no podemos siquiera empeorarlo. La tesis es, pues, falsa.

Consideremos ahora la recíproca: "Si x sabe hacer y , entonces x conoce y ". Contraejemplo 1: Durante milenios los animales supieron hacer hijos sin conocer el proceso de reproducción. Contraejemplo 2: Se fabricaron relojes mucho antes de que Huyghens propusiera la teoría de los movimientos oscilatorios. Contraejemplo 3: Priestley y Scheele produjeron oxígeno antes que Lavoisier, pero no lo supieron porque estaban extraviados por la teoría del flogisto; fue Lavoisier quien inventó el concepto de oxígeno y la teoría de la combustión, siendo así capaz de reconocer el oxígeno en la realidad. Conclusión: también el segundo condicional es falso.

Siendo falsos los dos condicionales, también es falso el bicondicional " x conoce y si y sólo si x sabe hacer y ". En otras palabras, es falsa la identidad, sostenida por pragmatistas y marxistas, del saber con el saber hacer o *know-how*. El saber *mejora* la posibilidad del

correcto hacer, y el hacer *puede* conducir a saber más, pero esto, que es mucho, es todo.

La diferencia entre saber y saber hacer permite explicar la coexistencia del saber práctico con la ignorancia teórica, y del saber teórico con la ignorancia práctica. De no ser así no podrían existir las siguientes combinaciones que se han dado tan a menudo en la historia: *a*) ciencia sin técnica correspondiente (p. ej., física helénica); *b*) técnica sin ciencia correspondiente (p. ej., ingeniería civil romana). También necesitamos conservar la diferencia entre saber y saber hacer para explicar la gradualidad del proceso cognoscitivo: si, para conquistar la cosa en sí —el objeto tal como es, independientemente del sujeto cognoscente— bastara con producirlo o reproducirlo (como creía Engels), toda conquista tecnológica pondría punto final a un capítulo de la ciencia: la producción de caucho sintético, de plástico y de nylon, agotaría la química de los polímeros; la producción experimental de cáncer terminaría con la cancerología; y la producción experimental de neurosis y psicosis agotaría la psiquiatría. De hecho, no es así: seguimos haciendo muchas cosas sin saber cómo lo logramos, y conocemos muchos procesos que no sabemos controlar. No se debe a que haya incognoscibles (que los hay), sino a que se conservan aún barreras, que van desapareciendo, entre el saber práctico y el saber teórico.

Conservar la distinción entre saber y saber hacer implica conservar la distinción entre técnica (saber práctico infundado), tecnología (saber práctico fundado) y ciencia (saber teórico fundado). Al conservar la distinción podemos enunciar la hipótesis de que estos distintos campos interactúan; de lo contrario tendríamos que confundirlos. Y esto nos obligaría a abandonar la hipótesis, defendida calurosamente por pragmatistas y marxistas, de que las necesidades prácticas y, en particular, las necesidades de la tecnología, preceden *siempre* a la investigación pura. Esta hipótesis histórica, que es verdadera para épocas anteriores a la nuestra, ya no vale

para la nuestra. En todo caso, no se puede sostener al mismo tiempo la *identidad* del saber teórico y del saber práctico, y la primacía del saber práctico; quienes lo hacen incurren en contradicción.

Es absurdo confundir el hacer con el saber, el acto con el conocimiento del acto. Una característica de todas las épocas anteriores a la nuestra fue, precisamente, que en casi todos los casos se actuaba de manera irracional: sin teoría previa, sin plan, y sin saber siquiera a posteriori por qué se había actuado. La revolución científica abre la posibilidad de *racionalizar todos los actos humanos* que involucran conocimiento.

Diremos que un acto es racional si y sólo si es máximamente adecuado a una finalidad preestablecida y si esta finalidad ha sido escogida haciendo uso deliberado de conocimiento relevante. O sea, diremos que un acto es racional no solamente si maximiza la medida en que lleva a lograr una finalidad, sino también si la propia finalidad, lejos de ser aceptada irracionalmente, es justificada en vista del conocimiento disponible. Ahora bien: para desanimalizarnos y para terminar con las múltiples causas de la estupidez y la frustración debemos adoptar, aunque sea como hipótesis de trabajo, el postulado de que *todo acto es racionalizable*. Ya habrá tiempo de descubrir, si se descubre en efecto, algún rincón irracionalizable. Pero si no hacemos un esfuerzo por encarar en forma global —y no parcial como hasta ahora— la racionalización de la vida, no tendremos derecho a repetir paparruchas sobre la irracionalidad esencial de la existencia.

Afortunadamente, mientras filósofos de mentalidad arcaica repiten esas paparruchas y siguen al margen de la revolución científica, los científicos y los tecnólogos de los últimos veinte años desarrollan activamente las herramientas teóricas de la racionalización de la existencia: la teoría de la decisión, la teoría de los juegos y de la estrategia, y hasta la teoría de las colas de espera. Ninguna de ellas elimina la diferencia entre el conocimiento y la acción, pero

todas ellas nos van permitiendo, paulatinamente, fundar nuestros actos, es decir, racionalizar la existencia.

4. VERDAD Y EFICACIA

Otra tesis del pragmatismo es que la verdad consiste en la eficacia. Una tesis más débil, sostenida por los marxistas, es que la eficacia práctica es criterio de verdad. Tanto pragmatistas como marxistas citan con aprobación el viejo proverbio *The proof of the pudding is in the eating*, muy oportuno en relación con reglas o recetas, pero inaplicable cuando se trata de proposiciones sobre la realidad, y no de reglas para actuar.

Una formulación algo más precisa de la tesis que nos ocupa es ésta: "La práctica es la piedra de toque de la teoría". Admitamos que este principio metodológico de la "filosofía de la praxis" se refiera exclusivamente a las teorías acerca de la realidad o de la experiencia y no a las teorías formales (lógicas y matemáticas), aunque ciertamente tanto los pragmatistas como los marxistas concuerdan en no hacer diferencias entre ciencias fácticas y ciencias formales. A primera vista la tesis es verdadera: ¿caso los satélites artificiales no confirman la mecánica, y la reeducación de los alcohólicos por condicionamiento no confirma la teoría de los reflejos condicionados? Además ¿no estábamos de acuerdo en afirmar que hay una estrecha relación entre la ciencia y la tecnología contemporáneas? Un análisis metodológico nos mostrará que, si bien existe tal relación, los criterios de corrección de la ciencia no son iguales a los de la tecnología, lo que se debe, en última instancia, a que la finalidad primordial de la ciencia es alcanzar verdad, en tanto que la finalidad primordial de la tecnología es lograr eficacia.

Una teoría puede ser a la vez exitosa y falsa, y esto por uno de los motivos siguientes: a) el éxito de la teoría puede consistir en que persuade a determinados individuos a actuar de determinada manera (p. ej., antisemitismo, religión, psicoanálisis); b) el éxito

de la teoría puede residir en que contiene, efectivamente, algunas proposiciones verdaderas. Lo primero se comprende fácilmente y no es del dominio de la teoría del conocimiento sino que pertenece a la sociología del conocimiento (o, más bien, de la ignorancia). Lo segundo se comprende si se recuerda que una teoría es un sistema de hipótesis de distinto grado de verdad. Basta que algunas de las hipótesis de la teoría sean verdaderas para que la teoría tenga algunas consecuencias verdaderas y, por lo tanto, pueda ser utilizada como guía eficaz en algunas circunstancias. Ejemplo 1: Hasta principios del siglo XIX la elaboración del mineral de hierro era acompañada de conjuros mágicos. Ejemplo 2: Los curanderos logran curaciones con hierbas auténticamente medicinales y ritos mágico-religiosos. Ejemplo 3: Las neurosis se curan con el transcurso del tiempo y con psicoanálisis.

El técnico rara vez aplica una hipótesis o una teoría por vez: no le interesará *aislar las variables* para averiguar su comportamiento, sino maximizar la eficacia, para lo cual echa mano de cuanto recurso puede. Si tiene éxito ¿cómo hará para averiguar cuál de las hipótesis empleadas fue la verdadera? Si fracasa ¿cómo podrá asegurar que uno de los ingredientes de su procedimiento no ha sufrido una interferencia destructiva por otro de los ingredientes? Piénsese en el médico clínico o en el psiquiatra, interesados primordialmente en aliviar los sufrimientos de sus pacientes. Los tratamientos que prescriben pueden ser más o menos eficaces, pero *carecen de valor comprobatorio de las hipótesis puestas en juego* porque no satisfacen el requisito elemental del método experimental, consistente en *controlar las variables* que se suponen relevantes al caso estudiado. Para controlar las variables es preciso, en primer lugar, distinguirlas; en segundo lugar, es necesario fijar o "congelar" algunas de ellas y variar deliberadamente las otras. Pero el técnico que tiene que salvar una vida o tender un puente no puede darse este lujo, que deberá reservar al tecnólogo. Así, por ejemplo, el psi-

quiatra podrá aplicar a un mismo paciente, drogas tranquilizadoras, sueño prolongado, shock eléctrico, o aun neurocirugía.

Para establecer la eficacia de los distintos tratamientos (físicos, biológicos o sociales) que se emplean en la fábrica, en el hospital o en el grupo social, la tecnología científica hace *experimentos* propiamente dichos. En estos experimentos se controlan las variables relevantes (por ejemplo, se emplean grupos de control o testigo) y se controlan las inferencias (por ejemplo, se usa la estadística). El médico que inventa tratamientos y los aplica a sus pacientes sin tomar los recaudos del método experimental, y el psicoanalista que obra del mismo modo, proceden como el técnico de la época precientífica: a ciegas. La clínica privada, y en particular el sofá, no son lugares adecuados para poner a prueba las hipótesis de la ciencia.

La *investigación tecnológica*, llevada a cabo con el método de la ciencia, es la única capaz de poner a prueba la verosimilitud de las hipótesis y la eficacia de las reglas. La práctica de la técnica, en cambio, no es capaz de ello, y los médicos y psiquiatras que pretenden usar su experiencia profesional para comprobar o refutar una teoría confunden la tecnología, ciencia aplicada, con la técnica que ellos practican. La ignorancia del método de la ciencia no les permite cumplir cabalmente sus responsabilidades éticas y sociales.

El técnico, precisamente por perseguir la eficacia antes que la verdad, no se interesa por *poner a prueba* sino por *usar* las teorías científicas y tecnológicas y, más particularmente, las reglas elaboradas por la tecnología. Entre poner a prueba y usar hay un abismo, pues para que una teoría posea utilidad práctica basta que contenga un grano de verdad o que sea aproximadamente verdadera en un dominio restringido. Por este motivo el técnico y, en gran medida aún el tecnólogo, pueden usar con éxito teorías que han envejecido en ciencia: pueden usarlas porque su grado de verdad es suficiente para ciertos fines prácticos, y las usan porque suelen ser más sencillas que las teorías nuevas. Así, por ejemplo, el ingeniero prác-

tico puede seguir considerando el calor como un fluido e ignorar la mecánica estadística.

La eficacia no es suficiente para establecer la verdad, como lo muestran las prácticas mágicas y muchas prácticas médicas. Que la eficacia no es necesaria, lo muestra el hecho histórico de que a menudo pasa un largo tiempo antes que una teoría científica verdadera encuentre aplicaciones prácticas. En suma, *el éxito no es condición necesaria ni suficiente para dar por satisfactoriamente corroborada una hipótesis o un sistema de hipótesis (teoría)*. En otras palabras, es falso que la práctica sea la piedra de toque de las teorías, y este falso criterio de verdad es en parte responsable de la supervivencia de numerosas supercherías en las técnicas físicas, biológicas y políticas.

En resumen: la verdad puede ser ineficaz y la eficacia puede conseguirse, transitoriamente, al margen de la verdad. La tecnología se propone colmar el hiato entre la eficacia y la verdad, estableciendo un puente entre la técnica, dominio de las reglas eficaces, y la ciencia, dominio de las hipótesis verosímiles y fundadas (leyes).

5. LEY Y REGLA

La distinción entre ley y regla resume las diferencias entre la ciencia y la técnica. Una regla es una indicación, prescripción o máxima que establece cómo se puede o debe proceder para conseguir un efecto determinado: una regla es una norma de acción humana. Una ley, en cambio, enuncia lo que algo es. Las reglas rigen en parte la conducta humana, al par que las leyes científicas pueden referirse a cualquier sector de la realidad. Las leyes pueden ser verdaderas en mayor o menor grado pero no pueden ser eficaces; las reglas pueden ser eficaces pero no verdaderas. En una palabra, las leyes son descriptivas e interpretativas, al par que las reglas son prescriptivas o normativas. (A veces se llama regla a la generalización empírica, sin justificación teórica, pero este uso es incorrecto).

El hecho de que las reglas no puedan ser verdaderas ni falsas no implica que sean arbitrarias. Las reglas que empleamos en la vida diaria se adoptan porque, con razón o sin ella, las creemos eficaces para lograr determinados fines. Y las reglas que adopta la tecnología se fundan o debieran fundarse en leyes. Los enunciados de leyes (enunciados nomológicos) no son reglas de procedimiento pero permiten formular reglas de procedimiento. Si sabemos que "El hierro se oxida en presencia de humedad" (ley) y deseamos evitar la herrumbre de un trozo de hierro (finalidad), pondremos en práctica la regla "Protéjase al hierro de la humedad". Esta prescripción es una regla fundada y no una mera receta empírica, como las recetas de cocina y de política.

Insistamos en el concepto, muy descuidado, de *fundamentación de las reglas* o normas, sean electrotécnicas o de conducta. Para dar por eficaz a una regla es necesario, aunque insuficiente, mostrar que de hecho ha conducido al éxito en un porcentaje elevado de casos. Pero la eficacia es insuficiente: podría tratarse de coincidencias como las que consagraron los ritos mágicos que acompañaban a las cacerías del hombre primitivo, o las bendiciones de las armas de los ejércitos modernos. Debemos saber *por qué* son eficaces (o ineficaces) ciertas reglas: debemos desmontar su mecanismo, entender su *modus operandi*. En otras palabras, debemos exigir que las reglas sean, no sólo exitosas, sino también fundadas. Esta exigencia de fundamentación de las reglas marca la transición entre la técnica precientífica y la tecnología contemporánea.

Ahora bien, el único fundamento válido de una regla, porque es lo único capaz de explicarla, es un conjunto de leyes científicas, del mismo modo que tan sólo una ley básica puede convalidar una práctica jurídica. Desconfiamos de muchas recetas médicas porque no se apoyan en leyes de la biología, y desconfiamos de las recetas financieras de muchos estadistas porque no se fundan en leyes de la economía. Las reglas fundadas, esto es, las reglas o normas que establece la tecnología con ayuda del conocimiento y del método cien-

tíficos, pueden llamarse *enunciados nomopragmáticos* (de *nomos*, ley, y *pragma*, acción). Los enunciados nomopragmáticos no se refieren objetivamente al comportamiento autónomo de la realidad, sino que incluyen términos que designan o sugieren la intervención del usuario del enunciado, o que se refieren a las condiciones o circunstancias en que se hace uso del enunciado nomológico correspondiente. Por ejemplo, "Para dilatar un gas caliénteselo", no es una ley propiamente dicha (o enunciado nomológico), sino un enunciado nomopragmático o regla fundada, ya que *prescribe* el curso de una acción en procura de un *fin*. La ley que funda a este enunciado nomopragmático es "Si un gas se calienta, entonces se dilata". Este es un enunciado objetivo; del que está ausente el operador.

La estructura lógica de la ley "Si un gas se calienta, entonces se dilata" es (al nivel proposicional) 'Si A , entonces B ', que puede simbolizarse ' $A \rightarrow B$ '. En cambio, la forma del correspondiente enunciado nomopragmático es ' B per A ', que leemos ' B por intermedio de A ', o 'Para obtener B hágase A ', o 'Con el fin B empléese el medio A '. El consecuente de la ley ha pasado a ser el antecedente de la regla; mejor dicho, el antecedente lógico es ahora el medio y el consecuente lógico el fin que la regla relaciona con el medio. El valor de verdad del enunciado compuesto " $A \rightarrow B$ " depende solamente de los valores de verdad de las proposiciones componentes A y B : es una función de verdad o construcción extensional. En cambio, " B per A " no es verdadera ni falsa, sino eficaz o ineficaz. Pero la eficacia de la regla dependerá de la verdad de la ley subyacente. En el caso del ejemplo anterior, si hubiera un gas que no cumpliera la ley, ésta no serviría para fundar la regla correspondiente.

El contraste entre leyes y reglas puede ponerse de manifiesto recordando la tabla de verdad del condicional " $A \rightarrow B$ " e introduciendo lo que llamaremos la tabla de eficacia de la regla " B per A ". Emplearemos el signo '1' para designar la verdad y el signo '0' para designar la falsedad; los mismos signos nos servirán para represen-

tar la eficacia y la ineficacia, respectivamente; y el signo de interrogación designará nuestra incertidumbre acerca de la eficacia de la regla. Las tablas son:

TABLA DE VERDAD
DE LA LEY " $A \rightarrow B$ "

A	B	$A \rightarrow B$
1	1	1
1	0	0
0	1	1
0	0	1

TABLA DE EFICACIA
DE LA REGLA " B per A "

A	B	B per A
1	1	1
1	0	0
0	1	?
0	0	?

Obsérvese que el condicional " $A \rightarrow B$ " sólo es falso cuando el antecedente es verdadero y el consecuente es falso. En cambio, el único caso en que " B per A " es eficaz, es cuando se dan tanto el medio A como el fin B . Si no ponemos en práctica el medio prescrito ni se alcanza el fin, o si se alcanza el fin sin usar la regla, no podremos saber si la regla es eficaz o no; sólo si está ausente el fin sabemos que la regla es ineficaz.

La relación entre un enunciado nomológico, tal como " $A \rightarrow B$ ", y el correspondiente enunciado nomopragmático " B per A ", no es lógica sino pragmática. Estipulamos la siguiente relación: Si " $A \rightarrow B$ " es verdadera, entonces ensáyese " B per A ". Obsérvese que decimos 'ensáyese' y no 'acéptese', porque la regla puede referirse a un caso ideal, tan ideal como la ley correspondiente, en cuyo caso no será eficaz. Las reglas tecnológicas son aceptadas o rechazadas conforme a super-reglas elaboradas por la tecnología, que trabaja en condiciones menos ideales o puras que la ciencia.

Nuestra super-regla nos sugiere *ensayar una regla por cada ley*, pero *no nos permite inferir la ley correspondiente a cada regla*. En efecto: puesto que la regla " B per A " es eficaz cuando A y B tienen el valor 1 (véase la tabla correspondiente), podemos satisfacer esta

condición mediante una infinidad de hipótesis nomológicas, tales como " A y B ", " A o B ", " $\text{No-}A$ o B ", " A o $\text{no-}B$ ", " $(A$ y $B)$ o C ", " A y $(B$ o $C)$ ", " $(A$ y $B)$ o $\text{no-}C$ ", etc., donde ' C ' designa una proposición arbitraria. De estas infinitas hipótesis posibles, sólo la tercera coincide con la ley postulada, esto es, " $A \rightarrow B$ ". En resumen, podemos pasar de la ley a la regla, al menos a modo de ensayo, pero no a la inversa. Esta es una de las razones por las cuales la eficacia de un tratamiento, o de una construcción, o de una medida gubernamental, no son criterios de verdad de las hipótesis subyacentes. Para averiguar el valor de verdad de éstas es preciso recurrir a la ciencia o a la tecnología, según el caso.

El análisis precedente no da cuenta de la complejidad que suelen enfrentar el tecnólogo y el técnico. En el ejemplo del gas, hemos supuesto: *a*) que las únicas variables relevantes son su volumen y su temperatura, lo que es obviamente falso; *b*) que conocemos la ley que vincula dichas variables, lo que hasta cierto punto es verdad, y *c*) que poseemos técnicas para controlar efectivamente dichas variables, lo que es cierto dentro de ciertos límites. Además, hemos dejado de lado el problema, específicamente tecnológico, de diseñar un dispositivo para calentar el gas sin peligro de explosión y con mínimo costo. Para todo ello se necesitarán leyes adicionales, de donde resultará una regla más compleja que la tratada. De esta mayor complejidad de la tecnología respecto de la ciencia nos ocuparemos en seguida.

6. INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA, INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA E INVENCION

La diferencia entre las actividades de los científicos, de los tecnólogos y de los técnicos puede resumirse en la siguiente paráfrasis de una célebre broma sobre las diferencias entre los físicos, los químicos y los físico-químicos. Los científicos tratan casos puros con

procedimientos rigurosos con el fin de maximizar la verdad; los tecnólogos tratan casos semipuros con procedimientos semirrigurosos con el fin de encontrar verdades aproximadas que permitan fundamentar reglas eficaces; y los técnicos tratan casos impuros con procedimientos no rigurosos con el fin de maximizar el rendimiento.

Lo que hemos llamado caso puro es el fenómeno simplificado idealmente, el modelo esquemático que no corresponde exactamente a la realidad, que tiene en cuenta unos pocos aspectos de los sistemas reales y que es producto de la inventiva científica. En la realidad no hay casos puros: no hay sistemas simples y aislados del resto del universo, que puedan describirse exhaustivamente mediante unas pocas propiedades o variables. Es propio del científico imaginar modelos teóricos con los que intenta reproducir conceptualmente algunos aspectos de los sistemas reales: semejante simplificación es el precio que se paga por el rigor. Un objeto real, dotado de un número ilimitado de propiedades, en interacción con un número indeterminado de otros objetos, es demasiado complicado para tomarlo tal cual, para "aprehenderlo" íntegramente; con los objetos reales se puede actuar, pero no se los puede conocer exhaustivamente de esta manera. Entre el técnico que trata con situaciones reales, no simplificadas, y que las trata prácticamente, por una parte, y el científico que trata con modelos conceptuales a menudo alejados de la realidad, se ubica el tecnólogo que estudia casos intermedios entre los reales y los puros. Para poder hacerlo sacrifica la generalidad y la exactitud que caracterizan a la ciencia. Por una parte deberá tener en cuenta más variables que el científico; por la otra deberá hacer hipótesis más toscas (crudas) acerca de las relaciones entre las variables, es decir, utilizará enunciados nomológicos menos exactos que los que persigue el científico.

Las diferencias entre la investigación científica y la tecnológica, en lo que respecta a la construcción de modelos conceptuales o teorías (herramientas éstas que los técnicos no suelen manejar),

pueden resumirse de la siguiente manera. El científico opera con modelos idealizados, que podemos esquematizar con la fórmula

$$E = F(C),$$

donde 'C' representa una variable controlable (la variable independiente) y 'E' otra variable controlable, que depende de C según la función F. El tecnólogo que pretenda construir un modelo de un sistema real deberá tener en cuenta, además de las variables controlables (p. ej., costo de una mercancía), las variables incontroladas (p. ej., la demanda de una mercancía). Agregará entonces una variable X cuyos valores podrá conocer, pero no controlar (variar deliberadamente). Su modelo podrá esquematizarse así:

$$E = G(C,X),$$

donde 'G' designa ahora una función que, en general, será más sencilla que la relación 'F' postulada por el científico en el caso similar. El mayor número de variables será entonces compensado por una mayor sencillez de las relaciones, es decir, por una menor exactitud. En resumen, el conocimiento tecnológico será, en ocasiones, más complejo pero siempre será menos exacto que el conocimiento científico.

Reparemos en otros dos caracteres distintivos del modelo tecnológico en contraste con el modelo científico: En primer lugar, si en el modelo científico 'E' designaba, por ejemplo, un efecto físico, en el modelo tecnológico 'E' designará con frecuencia una variable tal como la eficacia o el rendimiento. Es decir, en el modelo tecnológico aparecen habitualmente *conceptos típicamente tecnológicos*, tales como los de eficacia, confiabilidad, versatilidad y costo, que no tienen cabida en la ciencia pura. En segundo lugar, en ciertos casos X podrá tratarse como una variable aleatoria, de modo que podrá estudiarse estadísticamente; pero, puesto que X no es contro-

lable efectivamente, el modelo tecnológico no podrá ser puesto a prueba mediante el método experimental en sentido estricto, que involucra la modificación deliberada y controlada de las variables; por consiguiente, la incertidumbre acerca de la adecuación del modelo será mayor que en el caso científico. Esto obligará al tecnólogo a introducir coeficientes de seguridad y márgenes de tolerancia, que a veces se eligen casi a ciegas, para ponerse al abrigo del fracaso.

Esto no significa que el tecnólogo renuncie al método experimental en sentido amplio: lo mismo que el científico, pondrá a prueba su modelo, pero se contentará con una aproximación más tosca, al modo en que el albañil puede tratar al número trascendente π como si fuera un número racional igual a 3,14. Si bien el tecnólogo no podrá aplicar el método experimental estricto a todos sus sistemas reales, en cambio, podrá aplicarlo a ciertos *modelos materiales* de dichos sistemas. El hidráulico construirá una *maquette* del dique proyectado y estudiará en ella distintos fenómenos; el aerotécnico someterá al túnel de viento sus modelos de avión en escala reducida; el metalurgista hará modelos en plástico y estudiará su comportamiento elástico con métodos ópticos (fotoelasticidad); el médico científico y el farmacólogo, impedidos por ahora de fabricar *maquettes* de hombres, tomarán modelos ya existentes, tales como sapos, ratas y perros, que al fin y al cabo no difieren del hombre mucho más que una *maquette* de una construcción real. Semejante investigación de los modelos teóricos con ayuda de modelos materiales será un test preliminar de los primeros; si la prueba es exitosa, puede ser que también lo sea el salto al sistema real, pero no hay garantía. Ésta es una de las dificultades del tecnólogo que desconoce el científico, quien rara vez opera con modelos en escala reducida.

La tarea del tecnólogo experimental consiste, pues, en poner a prueba modelos tecnológicos teóricos con ayuda de modelos materiales. Pero esta tarea es precedida por la construcción de modelos tecnológicos teóricos que, como hemos visto, suelen diferir de

los modelos científicos, aunque sólo sea porque deben hacer lugar a un mayor número de variables. Piénsese en el caso del ingeniero hidráulico de comienzos de siglo: por una parte, disponía de un cúmulo de conocimientos prácticos inconexos; por la otra, tenía a la vista la hidrodinámica clásica, proeza matemática que trata fluidos ideales (sin viscosidad) y que, por tanto, es incapaz de dar cuenta de fenómenos tan obvios como la resistencia de un cuerpo que cae en el seno de un fluido. El hidráulico práctico se contentaba entonces con un conjunto de reglas empíricas halladas en muchos casos por artesanos; de todas maneras, la hidrodinámica le exigía un esfuerzo matemático desproporcionado con su utilidad práctica. Pero estas reglas empíricas son superficiales, cubren clases restringidas de hechos, y no tienen en cuenta fenómenos a primera vista secundarios, tales como la turbulencia, pero que en realidad son muy importantes para grandes velocidades. La tarea del ingeniero hidráulico desde principios de siglo hasta el momento ha sido, entonces, acercar la hidráulica práctica a la teoría hidrodinámica, tornando a ésta cada vez más realista. Y aquí se presenta una dificultad: a medida que una teoría se hace más realista, se hace también más complicada; pero a medida que se hace más complicada se hace menos práctica.

Acabo de señalar lo que llamaré la *paradoja del tecnólogo*. Por una parte, el tecnólogo trata situaciones concretas, que exigirían un conocimiento más detallado del que le provee la ciencia, que por su lado se limita a la consideración de casos puros. Por otra parte, el tecnólogo no puede valerse de métodos más poderosos que el método de la ciencia: en primer lugar, porque no los hay, y, en segundo lugar, porque busca facilidad de aplicación y la consiguiente rapidez, lo que le hace preferir procedimientos y teorías menos rigurosas que las de la ciencia. La paradoja consiste en la incompatibilidad del máximo conocimiento con la máxima eficacia. La habilidad del tecnólogo consistirá en lograr *la máxima eficacia con el mínimo conocimiento posible* (es decir, con ayuda del mode-

lo teórico más simple). Pero, para poder escoger el procedimiento y el modelo teórico más convenientes, deberá tener a la vista procedimientos y teorías ya existentes, ya elaborados por la investigación, sea científica, sea tecnológica. En otras palabras, el tecnólogo podrá economizar pensamiento en la etapa de la aplicación a condición de que haya atesorado conocimiento en la etapa de la investigación. Esto muestra, una vez más, la dependencia lógica de la tecnología respecto de la ciencia pura.

La diferencia entre la investigación científica y la tecnológica se advierte ya en la selección de los problemas. El científico escoge sus problemas por el interés intrínseco que presentan, el que a su vez está determinado por la relación que tienen con teorías importantes en proceso de test o de desarrollo. El tecnólogo, en cambio, tenderá a escoger problemas cuyas soluciones sean de utilidad práctica: tendrá siempre a la vista un conjunto de desiderata prácticos, no cognoscitivos: eficiencia, confiabilidad, diseño adecuado, velocidad de operación, bajo costo, etc. Esta exigencia restringirá el abanico de problemas y, al mismo tiempo, hará más difícil la labor del tecnólogo que la del científico, pues *los desiderata mencionados no son todos compatibles entre sí*. También el científico deberá tener en cuenta algunos de estos desiderata, pero no estará tan sujeto a ellos como el tecnólogo: para el científico son secundarios y no primarios: son estímulos u obstáculos, pero no objetivos. Los problemas científicos son todos "académicos" en mayor o menor grado y, cuando se los aborda, no se promete otra utilidad que la posible satisfacción de la curiosidad. Los problemas tecnológicos son a la vez cognoscitivos y prácticos, y se los aborda con el fin de obtener resultados útiles al consumidor de la investigación tecnológica.

Entre el tecnólogo que realiza investigación original y el técnico rutinario hay diversos grados intermedios. Entre ambos extremos se sitúa —o, más bien, se situaba— el inventor, que compensa su frecuente incultura científica con su imaginación, su conocimiento de los materiales, su habilidad manual y su visión comercial. El in-

ventor, como el científico, parte de un modelo hipotético que establece relaciones simplificadas y, cuando se propone materializar su esquema mental, tropieza con las resistencias de una realidad mucho más compleja que lo que había supuesto. Entre la idea o "principio" original, y el invento propiamente dicho, media el trecho que media entre cualquier idea y cualquier cosa. En el curso de la materialización de la idea se hacen necesarias muchas modificaciones de la idea original, y el ingenio del inventor se muestra tanto en estas modificaciones como en la idea original. Esto (recuérdese la queja de Diesel) no es tenido en cuenta por las leyes de patentes, que protegen la idea original, que puede ser impracticable, a expensas del invento mismo, que a menudo se aparta considerablemente de la chispa inicial. Pero, precisamente, por este cúmulo de conocimiento práctico o *know-how* que requiere la puesta en práctica de una idea, es que la patente es casi innecesaria. Hoy día ya nadie compra una patente sin el correspondiente *know-how*, el que casi siempre es aportado por el inventor con su trabajo personal.

El inventor, más que el científico o el tecnólogo, se caracterizaba por el uso irrestricto del llamado "método" de ensayo y error (*trial and error*). Su notable familiaridad con los materiales que empleaba, y no su conocimiento de las leyes, es lo que le sugería ensayar, más o menos al azar, nuevas configuraciones y combinaciones. El tecnólogo, que lo ha sustituido casi por entero, le lleva la ventaja del conocimiento científico, el que puede ser tan profundo como el del científico puro. El técnico conoce su material, sea físico, sea biológico, sea social, de modo íntimo, aunque acaso no de modo conceptual: es el suyo conocimiento por familiaridad (*knowledge by acquaintance*) más que conocimiento científico. Ésta es una ventaja en las operaciones manuales, por ejemplo en la ejecución de una pieza o de una intervención quirúrgica. Pero no tiene gran importancia para las operaciones conceptuales, tales como el planeamiento de una actividad o el diseño de una cosa. El técnico, que usa o pone en práctica lo que diseña el tecnólogo, debe

poseer *know-how*. El tecnólogo moderno, en cambio, debe ser principalmente un hombre de ideas y un organizador del trabajo. El investigador del laboratorio médico se parece más a un biólogo que a un médico, y el ingeniero de una planta de desarrollo se parece más a un físico que a un ingeniero de una sección de mantenimiento. Se ha dicho que el símbolo del ingeniero no es el martillo sino la regla de cálculo; pero en los últimos años la regla de cálculo ha sido superada por la computadora automática. Y la computadora ya no es manejada por tecnólogos creadores sino por técnicos: el ingeniero avanzado diseña las computadoras futuras. El símbolo de la tecnología moderna no es producto acabado alguno, no es una cosa sino la capacidad de idear cosas y prácticas nuevas.

A medida que la técnica se ha "cientificizado", convirtiéndose en tecnología, el inventor aislado ha sido reemplazado por el equipo tecnológico bien equipado y con un buen *background* científico. La invención precientífica, como lo fueron todas las invenciones básicas hechas durante el Neolítico y durante los dos primeros milenios de civilización, se ha tornado hoy casi imposible. La invención técnica ha sido reemplazada casi por entero por la investigación tecnológica, que emplea los resultados y métodos de la ciencia con fines utilitarios. El inventor aislado y carente de formación científica ya no puede competir con el equipo de tecnólogos. Aquellos de nosotros que recordamos haber visto a nuestra ciudad enlutada por la muerte de Edison, hemos contemplado quizá los funerales de la invención artesanal. En adelante, lo que cuenta son las *ideas científicas*, lleven o no a la fabricación de cosas útiles.

7. OBSERVACIONES FINALES

Nuestra época no es, como pretenden algunos pensadores superficiales, la era del predominio de la técnica. La técnica floreció en las épocas de las grandes invenciones precientíficas: en el Neolítico, en el cuarto milenio A. C., en el período helenístico y en la Edad

Media. Fueron esas épocas de predominio de lo material sobre lo espiritual, épocas en que se produjeron pocas novedades en el terreno de las ideas puras y muchas en el terreno de las cosas útiles. La era moderna es la del ascenso de la ciencia. Y en esta segunda mitad del siglo xx ha comenzado el predominio de la ciencia, a punto tal que está dominando rápidamente a la técnica a través de la tecnología. Recién ahora podemos pensar en el dominio de la cosa por la idea, en la primacía del espíritu. Pero esta primacía no se logra ignorando la materia sino (como ya lo había advertido Bacon) poseyéndola: consiste en conocer la materia (ciencia) y en controlarla (tecnología).

Este predominio de la ciencia está cambiando la faz de la cultura, desde la técnica de matar hasta la técnica de pensar. También el filósofo está sintiendo el impacto de la ciencia y de la tecnología. Si es de mentalidad arcaica, se retrae y se identifica cada vez más estrechamente con el pasado. (En el caso de nuestra frustrada Latinoamérica le bastará con identificarse con el presente). Si, por el contrario, es amigo de la novedad y tiene una orientación moderna, procura entrar en contacto con la gran revolución de nuestro tiempo: la revolución científica. Sabe que debe aprender de la ciencia y de la tecnología si quiere remozar las teorías del conocimiento y de la realidad; que puede criticar a la ciencia y a la tecnología, alertando contra deformaciones que a menudo son efecto de filosofías ya muertas, pero que debe hacerlo desde adentro; y advierte que puede colaborar constructivamente en la revolución científica, sea ayudando a advertir problemas sea ayudando a poner en limpio teorías y métodos.

La filosofía de la naturaleza, la filosofía del espíritu y la filosofía de la religión fueron superadas, en su momento, por la filosofía de la ciencia. Hoy se impone construir, al lado de esta última, una filosofía de la tecnología. El campo es casi virgen: he aquí una oportunidad para los filósofos dispuestos a comprender el modo de pensar y de obrar de quienes están planeando el futuro y dirigen

su construcción (o su destrucción). No se queje el filósofo si el tecnólogo lo ignora o lo aparta; trate de marchar a su lado, pues de esta manera, y sólo así, podrá compartir la responsabilidad por el futuro.

BIBLIOGRAFIA

- P. AUGER, *Tendencias actuales de la investigación científica* (París: UNESCO, 1961): problemas tecnológicos en curso de investigación.
- J. BERGIER, "New Trends in the Sociology of Invention", *Impact*, iv, 167 (1953): decadencia de la patente.
- R. BOIREL, *Science et technique* (Neufchatel: Ed. du Griffon, 1955): investigación científica e investigación tecnológica.
- G. S. BROWN, "New Horizons in Engineering Education", *Daedalus*, 92, 341 (1962), y *The New York Times*, del 19 de febrero de 1962: nuevas tendencias en la enseñanza de la ingeniería.
- M. BUNGE, *La ciencia, su método y su filosofía* (Buenos Aires: Siglo Veinte, 1961): características de la investigación científica.
- *Metascientific Queries* (Springfield, Ill.: Charles C. Thomas Publisher, 1959), Cap. 4, y "Kinds and Criteria of Scientific Law", *Philosophy of Science*, 28, 260 (1961): ley y enunciado nomopragmático.
- *Intuition and Science* (Englewood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall, 1962), Cap. 3: invención científica e invención tecnológica.
- A. CHILD, *Making and Knowing in Hobbes, Vico, and Dewey* (Los Angeles: University of California Press, 1953): origen y desarrollo de la gnoseología pragmatista.
- C. W. CHURCHMAN, R. L. ACKOFF, y E. L. ARNOFF, *Introduction to Operations Research* (N. York: John Wiley, 1957): modelos en investigación operativa e intervención de filósofos en ésta.
- H. J. EYSENCK, *Uses and Abuses of Psychology* (London: Penguin, 1953), pp. 288 y ss.: sobre la irrelevancia de la experiencia clínica al test de las hipótesis.
- *Handbook of Abnormal Psychology* (N. York: Basic Books, 1961): nuevas técnicas psiquiátricas y fracaso del psicoanálisis.
- J. K. FEIBLEMAN, "Pure Science, Applied Science, Technology, Engineering: An Attempt at Definitions", *Technology and Culture*, II, 305 (1961).
- F. KLEMM, *A History of Western Technology* (N. York: Charles Scribner's Sons, 1959), pp. 342-6: extractos de R. Diesel sobre la invención técnica.
- H. LE CHATELIER, *De la méthode dans les sciences expérimentales* (París: Dunod, 1936), Caps. 10-13: la investigación científica en la industria.
- B. RUSSELL, *Mysticism and Logic* (1918; London: Pelican, 1953), Cap. x: conocimiento por familiaridad.
- O. G. TIETJENS, *Fundamentals of Hydro-and Aeromechanics*, basado sobre las lecciones de L. Prandtl (N. York: Dover, 1957), pp. 3-4: hiato entre la hidrodinámica y la hidráulica.